

Trabajo Fin de Máster
Máster Universitario en Ingeniería de Caminos,
Canales y Puertos

Diseño con Autodesk InfraWorks 360 y AutoCAD
Civil 3D de un tramo de carretera con viaducto en
EX – 117, Alcántara (Cáceres)

Autor: Jaime Rincón Pache

Tutores: Manuel Morato Moreno

Francisco Cabezas García

Dpto. Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Trabajo Fin de Máster
Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

Diseño con Autodesk InfraWorks 360 y AutoCAD Civil 3D de un tramo de carretera con viaducto en EX – 117, Alcántara (Cáceres)

Autor:

Jaime Rincón Pache

Tutor:

Manuel Morato Moreno – Profesor titular

Francisco Cabezas García – Profesor titular

Dpto. de Ingeniería Gráfica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Proyecto Fin de Máster: Diseño con Autodesk InfraWorks 360 y AutoCAD Civil 3D de un tramo de carretera con viaducto en EX – 117, Alcántara (Cáceres)

Autor: Jaime Rincón Pache

Tutor: Manuel Morato Moreno, Francisco Cabezas García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis amigos

A mis maestros

Agradecimientos

El Trabajo Fin de Máster que se desarrolla a continuación no sólo es el resultado de largas horas de trabajo, esfuerzo, dedicación y privaciones de todo tipo, sino que marca el fin de una etapa en mi vida, una maravillosa.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mi familia, especialmente a mis padres, por darme la oportunidad y el apoyo necesario para poder estudiar y finalizar con éxitos esta ingeniería, siempre han estado tras de mí y me han hecho sentir fuerte en los momentos más difíciles. A Carmen por ser la luz de mis desvelos y un apoyo en los días más amargos. Y, sobre todo, a mis compañeros de fatiga, empezamos como extraños una mañana de octubre de 2017 y acaban como amigos. Atrás quedan largas horas en las salas de la ETSI o en cualquier piso donde colocar un par de portátiles.

A mis profesores por transmitirme sus conocimientos, y de forma especial en este trabajo, mencionar a Manuel Morato y Francisco Cabezas, mis tutores del TFM, por su ayuda y disponibilidad en todo momento para poder realizar este trabajo.

Gracias.

Resumen

En la actualidad, la metodología BIM cuenta cada vez con mayor peso en todos los ámbitos de la ingeniería, es debido a ello por lo que se desea investigar con este trabajo una aplicación concreta de dicha forma de operación: el diseño de una carretera con viaductos mediante los softwares AutoCAD Civil 3D e InfraWorks 360, ambos de Autodesk.

En el presente trabajo, se recorrerá las diferentes etapas del diseño, mostrando los detalles de interés en ambos programas desde el planteamiento de las diferentes alternativas hasta la salida gráfica del modelo diseñado. Se mostrarán convenientemente los puntos en los que se trasvasará la información entre AutoCAD Civil 3D e InfraWorks 360, reflexionando acerca de la operatividad, utilidad y versatilidad de los mismos.

En primer lugar, el estudio abordará el uso de InfraWorks 360 para la creación preliminar de un modelo que sirva de base para el desarrollo de las diferentes alternativas con las que dar solución a la problemática planteada, la elección de la ubicación de los trabajos y de la alternativa óptima se llevará a cabo mediante análisis multicriterio, obteniéndose la más adecuada a partir de una serie de criterios estudiados y justificados.

Una vez seleccionada la ubicación y alternativa óptima, se tratará todo el diseño de la infraestructura lineal desde el ámbito técnico con AutoCAD Civil 3D, ajustado los criterios a las especificaciones técnicas de la normativa española. Se mostrarán las características del programa en cuanto a los elementos de diseño y en el hecho de que todos los diferentes procesos se encuentren parametrizados y acoplados entre sí, facilitando este tipo de trabajos y evitando duplicidades debido a modificaciones posteriores. Con este mismo programa se obtendrán los planos de la obra línea, es decir, la salida gráfica tradicional.

Por último, se trasvasará toda esta información de AutoCAD Civil 3D a InfraWorks 360, elaborándose, posteriormente, una animación del modelo diseñado en InfraWorks 360, de modo que, en forma de video, pueda recorrerse la obra lineal y resulte una presentación del trabajo más llamativa. Así podrán ponerse en valor las cualidades relativas al paisaje y al resultado final que se obtendría tras una hipotética ejecución del proyecto.

En definitiva, aunque en la teoría se trabaja en un entorno BIM puro, se evidencian ciertas limitaciones que restringen el potencial del uso combinado de ambos softwares, impidiendo que pueda llevarse a cabo iteraciones en el proceso de diseño que alternen el uso de ambos programas, debido principalmente al trasvase de información entre uno y otro.

Abstract

Nowadays, the BIM methodology is increasingly important in all areas of engineering, which is why it is desired to investigate with this work a specific application of this form of operation: the design of a road with viaducts using AutoCAD Civil 3D and InfraWorks 360 software, both from Autodesk.

In this work, the different stages of the design will be covered, showing the details of interest in both programs, from the approach of the different alternatives to the graphic output of the designed model. The points at which the information will be transferred between AutoCAD Civil 3D and InfraWorks 360 will be conveniently displayed, reflecting on their operability, utility and versatility.

First, the study will address the use of InfraWorks 360 for the preliminary creation of a model to serve as the basis for the development of the different alternatives with which to solve the problem posed, the choice of the location of the works and of the optimal alternative will be carried out by means of multicriteria analysis, obtaining the most adequate one from a series of studied and justified criteria.

After selecting the optimal location and alternative, the entire design of the linear infrastructure will be treated from the technical field with AutoCAD Civil 3D, adjusting the criteria to the technical specifications of the Spanish regulations. The characteristics of the program in terms of design elements and the fact that all the different processes are parameterized and coupled to each other will be shown, facilitating this type of work and avoiding duplication due to subsequent modifications. With this same program the plans of the work will be obtained, that is, the traditional graphic output.

Finally, all this information will be transferred from AutoCAD Civil 3D to InfraWorks 360, subsequently creating an video of the model designed in InfraWorks 360, so that, in the form of a video, the linear work can be traversed and it will be a presentation of the work more showy. In this way, the qualities of the landscape and the final result that would be obtained after a hypothetical execution of the project can be valued.

Definitely, although the theory works in a pure BIM environment, there are certain limitations that restrict the potential of the combined use of both softwares, preventing iterations from being carried out in the design process that alternate the use of both programs, mainly due to the transfer of information between one and the other.

Índice

Agradecimientos	ix
Resumen	xi
Abstract	xiii
Índice	xv
Índice de Tablas	xviii
Índice de Figuras	xx
MEMORIA	
1 Introducción	25
2 Objetivo	26
3 Elección Ámbito de Estudio	27
3.1. Ámbitos de estudio	27
3.2. Análisis Multicriterio de Pattern. Propuestas de ubicación	29
3.2.1. Análisis de robustez	36
3.2.2. Análisis de sensibilidad	37
3.2.3. Resultados obtenidos del Análisis Multicriterio de Pattern	37
3.3. Planos información zona propuesta de actuación óptima	42
4 Propuestas de Alternativas	44
4.1 Cartografía	44
4.2 Implementación cartografía	44
4.3 Diseño de alternativas estudiadas	46
4.4 Descripción de las alternativas a considerar	47
4.4.1 Alternativa 0	47
4.4.2 Alternativa 1	47
4.4.3 Alternativa 2	48
4.4.4 Alternativa 3	49
5 Selección de Alternativas	50
5.1 Desarrollo de los criterios	50
5.1.1 Longitud de los viaductos involucrados	50
5.1.2 Longitud del tramo intervenido	50
5.1.3 Aprovechamiento de viarios existentes	50
5.1.4 Disminución sinuosidad del itinerario	51
5.1.5 Impacto ambiental	51
5.1.6 Vistas	51
5.2 Valoración de las alternativas	51
6 Diseño de Alternativa. AutoCAD Civil 3D	53
6.1 Datos de partida	53
6.2 Alineación en planta	54
6.3 Perfil longitudinal	57

6.4	<i>Sección transversal</i>	63
6.4.1	Sobreancho en curvas	64
6.4.2	Peralte	66
6.4.3	Ensamblaje	67
7	Diseño de Viaducto. InfraWorks 360	71
7.1	<i>Datos de partida</i>	71
7.2	<i>Definición de viaductos</i>	71
7.3	<i>Viaductos en AutoCAD Civil 3D</i>	73
8	Salidas Gráficas	78
8.1	<i>Planos. AutoCAD Civil 3D</i>	78
8.1.1	Plantilla y cajetín	79
8.1.2	Plano de planta y perfil longitudinal	79
8.1.3	Plano de perfiles transversales	81
8.1.4	Salida gráfica planos restantes	83
8.2	<i>Recorrido virtual. InfraWorks 360</i>	83
9	Conclusiones	87
	Bibliografía	89
	PLANOS	
	Planos de Información. ArcGIS	93
	Planos de Diseño Geométrico. AutoCAD Civil 3D	102
	ANEXOS	
	Anexo 1. Comando Matlab. Análisis Multicriterio	124
	Anexo 2. Cubicación. AutoCAD Civil 3D	151
	Anexo 3. Análisis Adelantamiento y Visibilidad. InfraWorks 360	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.2.1. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 1: Presupuesto (PEM).	30
Tabla 3.2.2. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 2: Orografía.	33
Tabla 3.2.3. Criterios de metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales. Fuente: “Metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales” de Isabel Otero Pastor, Mónica Navarro Sáenz, Ana Pilar Espliga González de la Peña y Alejandra Ezquerro Canalejo.	34
Tabla 3.2.4. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 3: Valoración paisajística.	34
Tabla 3.2.5. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 4: Vertebración territorial.	35
Tabla 3.2.6. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 5: Funcionalidad.	35
Tabla 3.2.7. Índice de pertenencia de las propuestas estudiadas.	35
Tabla 3.2.1.1. Pesos aleatorios según combinaciones de criterio de valoración.	36
Tabla 5.2.1. Ponderación de los criterios para la evaluación de alternativas.	51
Tabla 5.2.2. Resumen de las puntuaciones obtenidas por cada alternativa.	52
Tabla 6.3.1. Valores K_v mínimos y deseables establecidos según la ASSHTO 2011 para la comprobación en AutoCAD Civil 3D.	59
Tabla 6.3.2. Valores K_v aplicado a cada acuerdo vertical de la rasante y mínimos de la ASSHTO 2011 aplicados para la comprobación de rasantes en AutoCAD Civil 3D.	60
Tabla 8.1.1. Planos de estudio con sus correspondientes escalas.	78
Tabla Anexo 1.1. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de robustez.	125
Tabla Anexo 1.2. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de sensibilidad.	149
Tabla Anexo 2.1. Cubicación obtenida de AutoCAD Civil 3D.	151
Tabla Anexo 3.1. Análisis de visibilidad de parada carril derecho, 1/2.	157
Tabla Anexo 3.2. Análisis de visibilidad de parada carril derecho, 2/2.	158
Tabla Anexo 3.3. Análisis de visibilidad de parada carril izquierdo, 1/2.	158
Tabla Anexo 3.4. Análisis de visibilidad de parada carril izquierdo, 2/2.	159
Tabla Anexo 3.5. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril derecho, 1/2.	159
Tabla Anexo 3.6. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril derecho, 2/2.	160
Tabla Anexo 3.7. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril izquierdo, 1/2.	160
Tabla Anexo 3.8. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril izquierdo, 2/2.	160

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.1. Ubicación en Zarza la Mayor (Cáceres). Fuente: Google Earth.	27
Figura 3.1.2. Ubicación en Cedillo (Cáceres). Fuente: Google Earth.	28
Figura 3.1.3. Ubicación en Alcántara (Cáceres). Fuente: Google Earth.	28
Figura 3.2.1. Ubicación en Zarza la Mayor (Cáceres). Fuente: Goolzoom.	31
Figura 3.2.2. Perfil longitudinal a salvar con viaducto – Zarza la Mayor (P1). Fuente: Goolzoom.	31
Figura 3.2.3. Ubicación en Cedillo (Cáceres). Fuente: Goolzoom.	31
Figura 3.2.4. Perfil longitudinal a salvar con viaducto – Cedillo (P2). Fuente: Goolzoom.	32
Figura 3.2.5. Ubicación en Alcántara (Cáceres). Fuente: Goolzoom.	32
Figura 3.2.6. Perfil longitudinal a salvar con viaducto – Alcántara (P3). Fuente: Goolzoom.	32
Figura 3.2.3.1. Situación del ámbito de estudio en la Península Ibérica. Fuente: Google Earth.	38
Figura 3.2.3.2. Situación regional del ámbito de estudio. Fuente: Google Earth.	38
Figura 3.2.3.3. Intradós de uno de los arcos del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	39
Figura 3.2.3.4. Vegetación en la estructura del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	39
Figura 3.2.3.5. Pérdida de material de los sillares del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	40
Figura 3.2.3.6. Juntas abiertas y oscurecimiento del paramento por hongos y líquenes del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	40
Figura 3.2.3.7. Paso de vehículo pesado por el Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	41
Figura 3.2.3.8. Deterioro del enlosado del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	41
Figura 3.2.3.9. Imbornal atascado en el tablero del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.	42
Figura 4.2.1. Vista de la cartografía cargada en Autodesk InfraWorks 360.	45
Figura 4.3.1. Alternativas planteadas sobre la cartografía cargada en InfraWorks 360.	46
Figura 4.4.1. Situación de las alternativas planteadas sobre la cartografía cargada en InfraWorks 360.	47
Figura 4.4.2.1. Alternativa 1 en InfraWorks 360.	48
Figura 4.4.3.1. Alternativa 2 en InfraWorks 360.	49
Figura 4.4.4.1. Alternativa 3 en InfraWorks 360.	49
Figura 6.1.1. Interfaz de importación de archivos desde InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D	53
Figura 6.2.1. Selección normativa en AutoCAD Civil 3D.	54
Figura 6.2.2. Creación de alineación a partir de objeto, en este caso polilínea, en AutoCAD Civil 3D.	55
Figura 6.2.3. Edición de criterios de comprobación del paquete “Estándar” de AutoCAD Civil 3D.	56
Figura 6.2.4. Tablas sobre de longitud y radio en función de la velocidad contenidas en la Norma 3.1 IC-Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).	56
Figura 6.2.5. Advertencia sobre la alineación creada en la pantalla de dibujo de AutoCAD Civil 3D.	57
Figura 6.3.1. Perfil longitudinal del terreno en AutoCAD Civil 3D.	58

Figura 6.3.2. Tabla 5.3. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en Carreteras Convencionales (Ministerio de Fomento, 2016).	59
Figura 6.3.3. Tabla 5.2. de la Norma 3.1-IC – Trazado sobre máxima inclinación de la rasante (Ministerio de Fomento, 2016).	61
Figura 6.3.4. Comprobaciones de diseño de perfil en AutoCAD Civil 3D.	61
Figura 6.3.5. Pendientes redondeadas en los diferentes tramos de la rasante en AutoCAD Civil 3D.	62
Figura 6.3.6. Perfil longitudinal con guitarra en AutoCAD Civil 3D.	62
Figura 6.4.1. Extracto de la Tabla 7.1. de la Norma 3.1-IC – Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).	63
Figura 6.4.1.1. Fórmula para el cálculo del sobreancho de curvas circulares de radio menor a 250,00 m y vehículos rígidos de la Norma 3.1-IC – Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).	64
Figura 6.4.1.2. Definición del sobreancho en curvas en AutoCAD Civil 3D.	65
Figura 6.4.1.3. Definición comprobación del sobreancho en curvas en AutoCAD Civil 3D.	65
Figura 6.4.1.4.. Sobreancho en AutoCAD Civil 3D.	66
Figura 6.4.2.1. Ventana de cálculo y definición de peraltes en AutoCAD Civil 3D.	67
Figura 6.4.3.1. Parámetros característicos de carril con bombeo, todo arcén extendido y pendiente talud cuneta, en AutoCAD Civil 3D.	68
Figura 6.4.3.2. Composición final de ensamblaje, carril básico, en AutoCAD Civil 3D.	68
Figura 6.4.3.3.. Terraplén y desmonte en el encaje de la obra lineal sin tener en cuenta sección viaductos, en AutoCAD Civil 3D.	69
Figura 6.4.3.4. Superficie generada de la suma de la Superficie del emplazamiento y la superficie de la obra lineal, en AutoCAD Civil 3D.	70
Figura 7.2.1. Definición de viaductos con la opción de Añadir estructura de InfraWorks 360.	72
Figura 7.2.2. Vista de la infraestructura desarrollada una vez insertados los tramos con puentes en InfraWorks 360.	72
Figura 7.2.3. Vistas de los trabajos realizados una vez insertada la imagen satélite de la opción Bing Maps en InfraWorks 360.	73
Figura 7.3.1. Vistas en planta de las vigas de los viaductos no convertida en sólido tridimensional y con multitud de caras, en AutoCAD Civil 3D.	74
Figura 7.3.2. Vistas en 3D de los viaductos en AutoCAD Civil 3D.	75
Figura 7.3.3. Ensamblaje de la infraestructura importada de InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D.	75
Figura 7.3.4. Ensamblaje Puente de Vigas1 con carril con bombeo y arcén en AutoCAD Civil 3D.	76
Figura 7.3.5. Propiedades de obra línea, inserción de ensamblajes según PK en AutoCAD Civil 3D.	77
Figura 8.1.1.1. Modelo de cajetín de los planos creados en AutoCAD Civil 3D.	79
Figura 8.1.2.1. Selección de plantilla creada para el grupo de minutas en AutoCAD Civil 3D.	80
Figura 8.1.3.1. Características de las líneas de muestreo en AutoCAD Civil 3D.	81
Figura 8.1.3.2. Ventana de creación de vistas de perfiles transversales en AutoCAD Civil 3D.	82
Figura 8.1.3.3. Ventana de creación de gap o huecos para el cálculo de volúmenes de terraplén en los PK dónde están colocados los viaductos en AutoCAD Civil 3D.	82
Figura 8.1.4.1. Geoubicación, uso de mapas en línea en AutoCAD Civil 3D.	83
Figura 8.2.1. Menú Guión gráfico en InfraWorks 360.	84
Figura 8.2.2. Opciones de inserción de elementos gráficos del menú Guión gráfico de InfraWorks 360.	84

Figura 8.2.3. Representación gráfica de obras al final del tramo estudiado en InfraWorks 360.	85
Figura 8.2.4. Edición objeto 3D, puente romano de Alcántara, en SketchUp.	86
Figura 8.2.5. Visual puente romano de Alcántara y viaducto de mayor luz proyectado en InfraWorks 360.	86
Figura Anexo 3.1. Análisis de visibilidad de parada en InfraWorks 360.	156
Figura Anexo 3.2. Análisis de visibilidad de adelantamiento en InfraWorks 360.	157

MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN

La ingeniería civil es una disciplina muy amplia dentro de la ingeniería que emplea conocimientos de cálculo, mecánica, hidráulica y física para encargarse del diseño, ejecución y mantenimiento y conservación de las infraestructuras ubicadas en el entorno, incluyendo carreteras, ferrocarriles, puentes, canales, presas, puertos, diques, aeropuertos y otras construcciones relacionadas.

Para alcanzar los objetivos marcados, la ingeniería civil requiere de la comprensión y de la puesta en práctica de los conocimientos anteriormente comentados necesarios para la resolución de cada problema concreto que se plantee.

En España, este papel lo desempeñan los ingenieros de caminos, canales y puertos, habilitados para ejercer las competencias en los campos ya mencionados y, en general, en todos los contenidos en la *Orden CIN/309/2009, de 9 de febrero, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*.

El presente Trabajo Fin del Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad de Sevilla se centrará en el ámbito de las vías de comunicación y transportes (carretera con viaducto), concretamente en el diseño de cara al proyecto posterior. No se persigue la redacción de un proyecto en sí, ni de diseñar exhaustivamente la estructura, sino que se centrará en el diseño geométrico de la infraestructura a proyectar poniendo en valor las herramientas actuales de análisis cartográfico, dimensional y paramétrico que facilitan la toma de decisiones en el ámbito de la ingeniería civil.

Con todo lo dispuesto, se procederá al diseño y dimensionamiento de la infraestructura a nivel de anteproyecto haciendo uso de las herramientas de AutoCAD Civil 3D e InfraWorks 360. Ambas herramientas también facilitan la presentación realista de los anteproyectos de una manera ágil y atractiva, gracias a la facilidad de InfraWorks 360 para reproducir recorridos por las infraestructuras proyectadas cuyo entorno se puede implementar con una variada librería de objetos paisajísticos, urbanos, del transporte, etc.

2 OBJETIVO

Este trabajo se enuncia con el objeto de que se adquieran habilidades aplicadas a los proyectos de ingeniería civil con AutoCAD Civil 3D, software de referencia mundial en proyectos de diseño en el área de infraestructuras, que permite el desarrollo de proyectos de transporte, urbanísticos y medioambientales de una manera sencilla y eficiente dentro del entorno BIM (Building Information Modeling). No se trata de la redacción de un proyecto ingenieril de obra civil al nivel de los que se realizan en el ámbito profesional (memorias, cálculos, planos, mediciones, estudio de seguridad, gestión de vertidos, etc.), sino que se centrará en el diseño geométrico de la infraestructura a proyectar. En un segundo nivel, también se tratará de verificar la idoneidad de los programas utilizados (AutoCAD Civil 3D e InfraWorks 360) para las etapas del proyecto de la toma de decisiones y la presentación de alternativas, enmarcados dentro de la tecnología BIM, que está revolucionando el mundo de la construcción, primero en edificación y ahora en los proyectos de infraestructuras y obra civil. Autodesk InfraWorks 360 es un software de diseño de modelos realísticos en 3D, que va más allá de las plataformas CAD tradicionales y que ofrece las últimas tecnologías de modelado, visualización y colaboración basadas en la nube, permitiendo la generación de modelos inteligentes y diseños dinámicos asombrosamente realistas.

El trabajo comprenderá tres fases:

1. En primer lugar, se realizará un estudio analítico previo sobre cartografía digital, al objeto de elegir el emplazamiento de la obra a proyectar. Sobre dicho análisis se tomarán decisiones básicas relativas al proyecto, como el trazado de alineaciones, rasantes, y el/los tramo/s donde será necesario la sustitución de taludes de tierra por viaducto/s. Será más enriquecedor para el trabajo que la zona elegida presente una topografía escarpada y cierto valor paisajístico.
2. Se realizará el diseño de la obra lineal siguiendo las directrices de proyecto establecidas por los tutores y sobre un emplazamiento real. En esta fase del trabajo tendrá especial relevancia el diseño de los perfiles transversales de la obra mediante Autodesk Subassembly Composer, la interfaz de AutoCAD Civil 3D para componer y modificar sub-ensamblajes complejos, aunque sin tener que realizar procesos de programación. Como documentación gráfica del proyecto se obtendrán los planos definitivos de la obra a nivel de anteproyecto básico.
3. En la última parte del trabajo, y de cara a su presentación y defensa, se realizará una recreación virtual del proyecto con las herramientas específicas del software utilizado, así como su implementación con un software complementario como Autodesk InfraWorks 360.

3 ELECCIÓN ÁMBITO DE ESTUDIO

3.1. Ámbitos de estudio

A la hora de tomar la decisión sobre la ubicación de la infraestructura a estudiar, se han tenido en cuenta principalmente la orografía, su valoración paisajística, su vertebración territorial y que se encuentre en la provincia de Cáceres, ya que existen numerosas zonas que reclaman la creación de una infraestructura como la que se estudiará en el presente trabajo.

El primero de los criterios persigue emplear un ámbito escarpado en el que el emplazamiento de la infraestructura requiera cierto grado de análisis y posibilite diferentes alternativas.

El segundo criterio de elección de propuesta está enfocado en la parte de presentación gráfica del modelo, de modo que con ella se pueda constatar de forma clara la utilidad de las herramientas que se tratan a la hora de analizar el impacto visual en el medio recreando el resultado final una vez decida la alternativa dentro de la propuesta de ubicación.

El último criterio se debe, entre otras cosas, a la gran cantidad de información SIG que la Junta de Extremadura tiene a disposición del ciudadano, siendo completa y accesible para la realización del trabajo. Y, sobre todo, a la demanda ciudadana de una infraestructura como la estudiada en diferentes puntos de la provincia de Cáceres.

Las distintas localizaciones potenciales para desarrollar una infraestructura como la estudiada son:

- P1 – Zarza la Mayor.

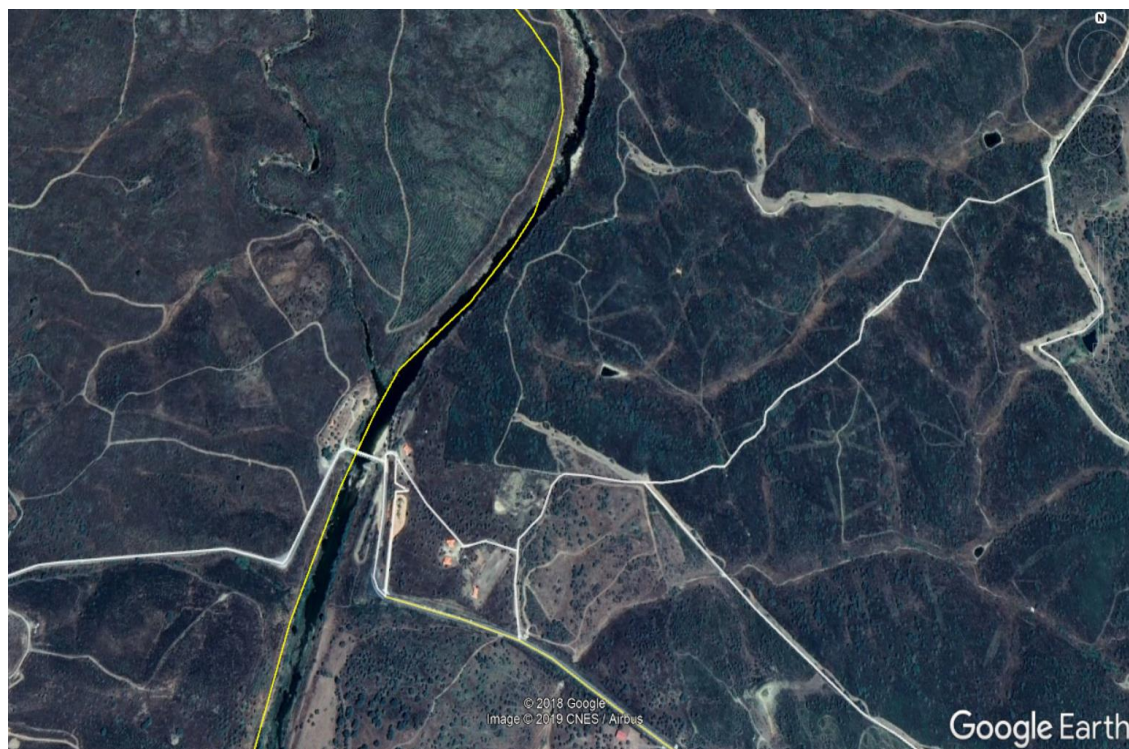


Figura 3.1.1. Ubicación en Zarza la Mayor (Cáceres). Fuente: Google Earth.

- P2 – Cedillo.



Figura 3.1.2. Ubicación en Cedillo (Cáceres). Fuente: Google Earth.

- P3 – Alcántara.



Figura 3.1.3. Ubicación en Alcántara (Cáceres). Fuente: Google Earth.

3.2. Análisis Multicriterio de Pattern. Propuestas de ubicación

A continuación, se exponen los criterios que se han tenido en cuenta en el análisis multicriterio desarrollado para el estudio de la ejecución de un tramo viario con viaducto mediante AutoCAD Civil 3D e InfraWorks 360. Se desarrolla una breve descripción de cada uno de ellos indicando cómo se va a proceder a su valoración y su respectiva interpretación.

- Criterio 1: Presupuesto (P.E.M.).

Se toma como uno de los criterios fundamentales y más importante de cara a la construcción de cualquier edificio o infraestructura pública dado el carácter de fondo social que ello conlleva. Dado la fase en la que se enmarca este análisis, el presupuesto de ejecución material que se toma como referencia de cada una de las alternativas es el correspondiente a una estimación en base a la longitud necesaria a salvar entre las distintas propuestas estimadas. Se tomará como propuesta óptima en cuanto a este criterio aquella que conlleve una distancia menor (que corresponderá a un índice de pertenencia mayor).

- Criterio 2: Orografía.

Las zonas propuestas para la ejecución del proyecto presentan una orografía bastante pareja, presentando ciertas similitudes, por lo que se decide asignarles un peso en función del perfil longitudinal que presente la zona estudiada.

- Criterio 3: Valoración paisajística.

Tomando como guión para su cuantificación el estudio de *“Metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales”* de Isabel Otero Pastor, Mónica Navarro Sáenz, Ana Pilar Espliga González de la Peña y Alejandra Ezquerro Canalejo basado en la reciente legislación sobre Patrimonio Natural y Biodiversidad exige que en los planes de ordenación se incluya la valoración del paisaje, como recurso natural y escaso, válido para el uso social y recreativo.

- Criterio 4: Vertebración territorial.

Dentro de este criterio se incluyen los factores que afectan por un lado a la ocupación territorial de cada propuesta (ligada a la expropiación que dicha ocupación supone) y por otro, a la vertebración que se produce en base a la superficie que queda cautiva entre infraestructuras.

Debido a que las diferentes propuestas se desarrollan en zonas en las que la clasificación del suelo es similar, se consideraba como indicador principal la superficie ocupada por cada propuesta.

- Criterio 5: Funcionalidad

En la actualidad, en los tres casos propuestos la infraestructura estudiada es necesaria y demandada desde hace tiempo por las poblaciones, debido al deterioro de las infraestructuras actuales o en algunos casos en su ausencia como tal.

Para tomar la decisión definitiva sobre el emplazamiento definitivo se lleva a cabo el análisis multicriterio de Pattern, este método usa índices de pertenencia que tienden a homogeneizar las unidades de medida y que representan la medida de la contribución de un elemento para la consecución del objetivo. Dicho índice de pertenencia se obtendrá a través de sumar los productos de la ponderación de cada criterio por el índice o valoración de cada alternativa.

$$\begin{aligned}
 P\ 1 &\rightarrow \sum_{n=1}^n i_1^n \cdot a_n \\
 P\ 2 &\rightarrow \sum_{n=1}^n i_2^n \cdot a_n \\
 P\ 3 &\rightarrow \sum_{n=1}^n i_3^n \cdot a_n \\
 \sum_n a_n &= 1 \rightarrow \sum_n \text{Índices de pertenencia} = 1
 \end{aligned}$$

De este modo, el índice de pertenencia se entenderá como el valor de que una alternativa cumpla con los criterios fijados.

A continuación, se muestran tanto las valoraciones de cada uno de los criterios, así como los índices de pertenencia de cada uno de los criterios considerados, basados en dichos criterios:

Criterio 1: Presupuesto (P.E.M.)

El primer criterio que se ha tomado como valorable y comparable entre cada una de las propuestas de localización que se han tenido en cuenta dentro del presente trabajo es, como no puede ser de otro modo, el criterio económico, basado en la estimación de un mayor presupuesto en los casos en los que la longitud a salvar por el proyecto estudiado sea mayor. Para el cálculo de los índices de pertenencia se ha tenido en cuenta que será óptima aquella alternativa cuyo presupuesto sea menor, es decir, aquel que tenga una menor longitud de estudio, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 3.2.1. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 1: Presupuesto (PEM).

Propuesta	Valoración	Índice de pertenencia
P1	≈ 631,58 m	0,38
P2	≈ 1537,55 m	0,21
P3	≈ 489,14 m	0,41

Criterio 2: Orografía

Las zonas propuestas para la ejecución del proyecto presentan una orografía bastante pareja, presentando ciertas similitudes, por lo que se decide asignarles un peso en función del perfil longitudinal que presente la zona estudiada.

La información aportada a continuación ha sido adquirida de la página *GoolZoom*.

- P1 – Zarza la Mayor.

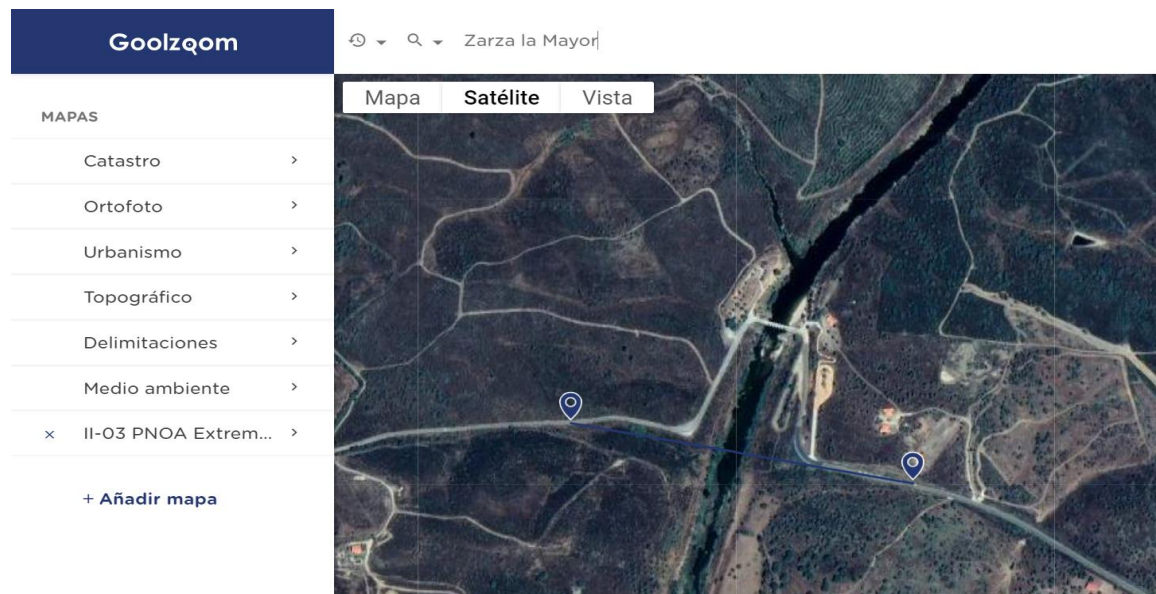


Figura 3.2.1. Ubicación en Zarza la Mayor (Cáceres). Fuente: Goolzoom.

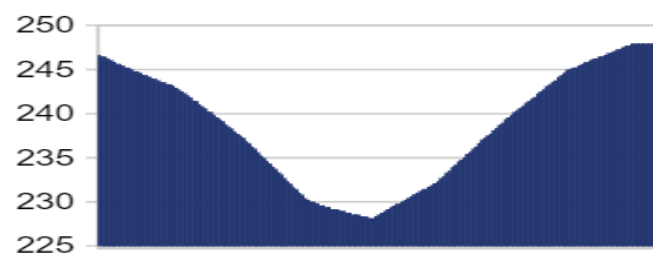


Figura 3.2.2. Perfil longitudinal a salvar con viaducto – Zarza la Mayor (P1). Fuente: Goolzoom.

- P2 – Cedillo.

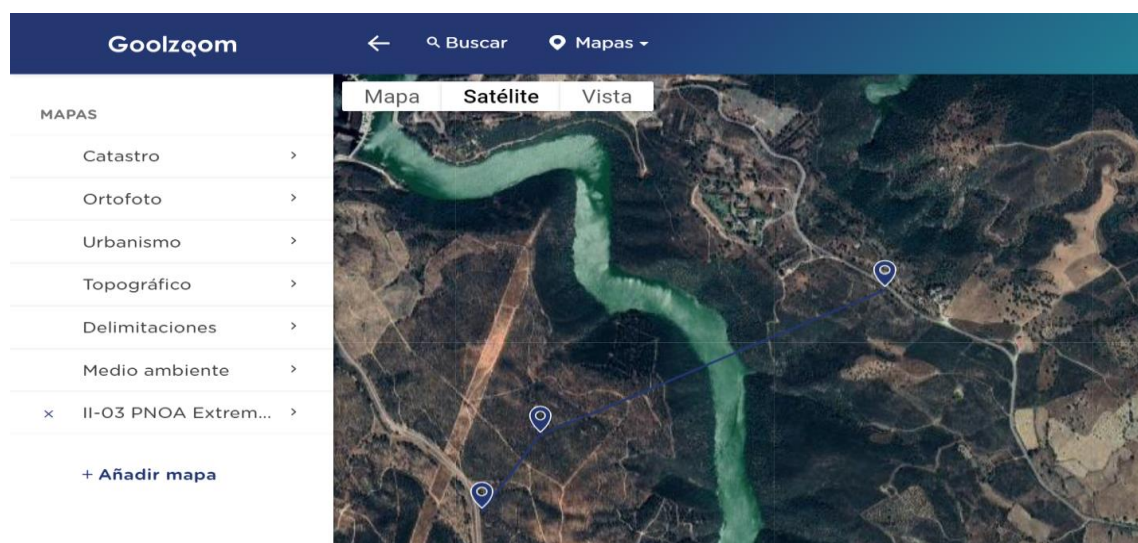


Figura 3.2.3. Ubicación en Cedillo (Cáceres). Fuente: Goolzoom.

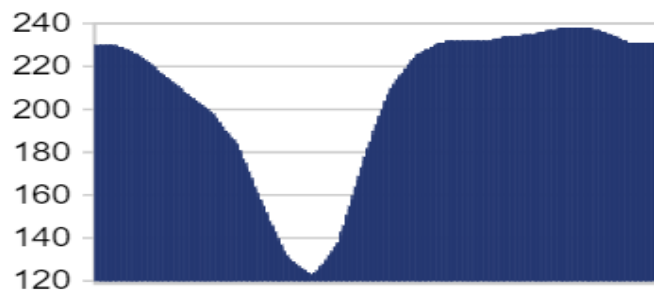


Figura 3.2.4. Perfil longitudinal a salvar con viaducto – Cedillo (P2). Fuente: Goolzoom.

- P3 – Alcántara.

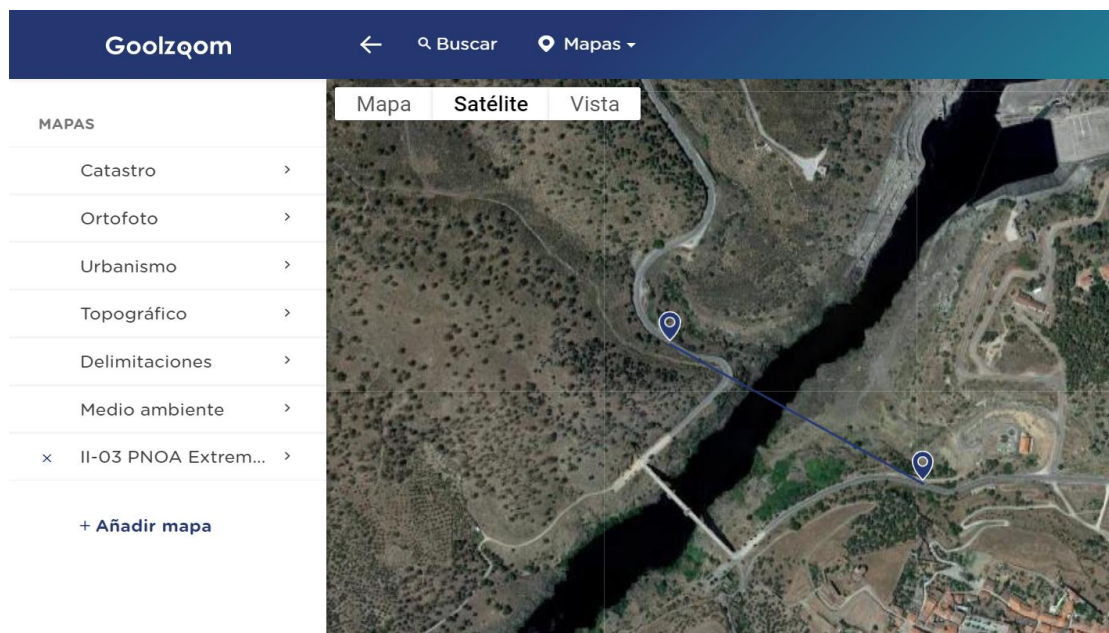


Figura 3.2.5. Ubicación en Alcántara (Cáceres). Fuente: Goolzoom.

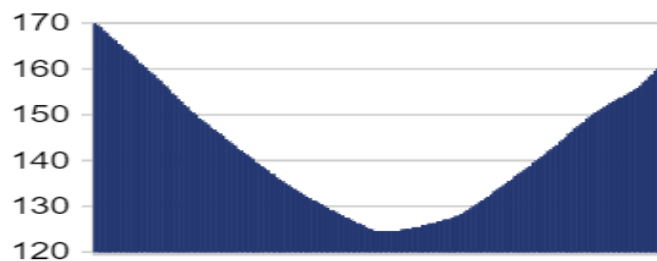


Figura 3.2.6. Perfil longitudinal a salvar con viaducto – Alcántara (P3). Fuente: Goolzoom.

Tabla 3.2.2. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 2: Orografía.

Propuesta	Valoración	Índice de pertenencia
P1	(según perfil)	0,50
P2	(según perfil)	0,20
P3	(según perfil)	0,30

Criterio 3: Valoración paisajística

Utilizando la formulación extraída para su cuantificación del estudio de “*Metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales*” de Isabel Otero Pastor, Mónica Navarro Sáenz, Ana Pilar Espliga González de la Peña y Alejandra Ezquerro Canalejo.

$$V = 0,35 \cdot Fcos + 0,36 \cdot Bcos + 0,18 \cdot Vis + 0,11 \cdot RC - 0,11 \cdot EA$$

donde:

- *Fcos*: Elementos físicos: forma del terreno, presencia de agua o nieve. Varía entre 1,00; 0,50 y 0. Siendo:
 - 1,00: Muy importantes. Montañas, presencia de agua y nieve.
 - 0,50: Medio Colinas, con presencia de agua y montañas
 - 0,00: Bajo. Diseminados y terrenos agrícolas poco vistosos.
- *Bcos*: Elementos Biológicos: presencia de Fauna y Flora. Varía entre 0 y 1, siendo:
 - 0,00: Ninguno. No presentes.
 - 0,50: Medio. Presencia media.
 - 1,00: Muchos. Gran cantidad de flora y, sobretodo, bosque. Variedad de fauna.
- *Vis*: Vistas, siendo:
 - 0,00: Ninguna. Inexistentes, 0°.
 - 0,50: Media. < 90°.
 - 1,00: Muy buenas. Panorámica.
- *RC*: Recursos Culturales, siendo:
 - 0,00: Ningunos.
 - 0,50: Medios.
 - 1,00: Muy abundantes.
- *EA*: Elementos que Alteran. Presencia de cables eléctricos, edificaciones. Siendo:
 - 0,00: Ninguno.
 - 0,50: Medios.
 - 1,00: Muchos.

Tabla 3.2.3. Criterios de metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales. Fuente: “Metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales” de Isabel Otero Pastor, Mónica Navarro Sáenz, Ana Pilar Espliga González de la Peña y Alejandra Ezquerro Canalejo.

		P1	P2	P3
	1,00: Muy importantes. Montañas, presencia de agua y nieve.			
<i>Fcos</i>	0,50: Medio Colinas, con presencia de agua y montañas	0,50	0,50	0,50
	0,00: Bajo. Diseminados y terrenos agrícolas poco vistosos.			
	0,00: Ninguno. No presentes.			
<i>Bcos</i>	0,50: Medio. Presencia media.	0,50	0,00	0,50
	1,00: Muchos. Gran Cantidad de flora y, sobretodo, bosque. Variedad de fauna.			
	0,00: Ninguna. Inexistentes, 0°.			
<i>Vis</i>	0,50: Media. < 90°.	1,00	0,50	1,00
	1,00: Muy buenas. Panorámica			
	0,00: Ningunos.			
<i>RC</i>	0,50: Medios.	0,00	0,50	1,00
	1,00: Muy abundantes.			
	0,00: Ninguno.			
<i>EA</i>	0,50: Medios.	0,00	0,50	0,50
	1,00: Muchos.			
$V = 0,35 \cdot Fcos + 0,36 \cdot Bcos + 0,18 \cdot Vis + 0,11 \cdot RC - 0,11 \cdot EA$ $V_{P1} = 0,54$ $V_{P2} = 0,27$ $V_{P3} = 0,59$				

Tabla 3.2.4. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 3: Valoración paisajística.

Propuesta	Valoración	Índice de pertenencia
P1	0,54	0,38
P2	0,27	0,19
P3	0,59	0,42

Criterio 4: Vertebración territorial

Dentro de este criterio se incluyen los factores que afectan por un lado a la ocupación territorial de cada alternativa (ligada a la expropiación que dicha ocupación supone) y por otro, a la vertebración que se produce en base a la superficie que queda cautiva entre infraestructuras.

Debido a que las diferentes propuestas se desarrollan en zonas en las que la clasificación del suelo es similar, se consideraba como indicador principal la superficie ocupada por cada alternativa.

Tabla 3.2.5. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 4: Vertebración territorial.

Propuesta	Valoración	Índice de pertenencia
P1	(según necesidad)	0,10
P2	(según necesidad)	0,55
P3	(según necesidad)	0,35

Criterio 5: Funcionalidad

En la actualidad, en los tres casos propuestos la infraestructura estudiada es necesaria y demandada desde hace tiempo por las poblaciones, debido al deterioro de las infraestructuras actuales o en algunos casos en su ausencia como tal.

Tabla 3.2.6. Valoración e índice de pertenencia. Criterio 5: Funcionalidad.

Propuesta	Valoración	Índice de pertenencia
P1	(según funcionalidad)	0,15
P2	(según funcionalidad)	0,50
P3	(según funcionalidad)	0,35

Tabla 3.2.7. Índice de pertenencia de las propuestas estudiadas.

	PEM	Orografía	Valoración Paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad
	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5
P1	0,38	0,50	0,38	0,10	0,15
P2	0,21	0,20	0,19	0,55	0,5
P3	0,41	0,30	0,42	0,35	0,35
Σ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Una vez obtenidos los valores de los índices de pertenencia es el momento de valorar las propuestas de ámbito de localización y poder obtener cual es la más óptima (la que obtenga la mayor puntuación). Para ello se puede proceder directamente aplicando unos porcentajes de importancia que el redactor del proyecto considere oportuno en base al peso que, para él, como técnico, suponga cada uno de los criterios adoptados.

Aun así, siguiendo el modelo del método Pattern, la subjetividad que se pudiera incluir en dicho método por parte del redactor se evitará sometiendo la valoración a un primer análisis de robustez y, posteriormente, a un

análisis de sensibilidad donde ya si se incluirán los rangos admisibles por parte del redactor.

3.2.1. Análisis de robustez

El análisis de robustez de un modelo multicriterio se basa en la obtención para cada combinación posible de valoración cuál de las tres propuestas es la propuesta óptima, combinando los cinco criterios con diferentes valoraciones. Esta forma de actuar lo que consigue es llevar el efecto del juicio personal a su mínima expresión, para que se sea lo más objetivo posible en cuanto a la valoración de las propuestas.

Para realizar dicho análisis se realizan las combinaciones siguiendo la siguiente estructura:

Tabla 3.2.1.1. Pesos aleatorios según combinaciones de criterio de valoración.

PEM	Orografía	Valoración Paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad
0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0,00	0,00	0,00	0,10	0,90
0,00	0,00	0,00	0,20	0,80
0,00	0,00	0,00	0,30	0,70
0,00	0,00	0,00	0,40	0,60
...
0,90	0,00	0,00	0,00	0,10
0,90	0,00	0,00	0,10	0,00
0,90	0,00	0,10	0,00	0,00
0,90	0,10	0,00	0,00	0,00
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Supuesta la precisión de 0,10 que se ha tomado en la valoración, se obtiene en forma en tanto por ciento respecto del número de combinaciones realizadas la propuesta óptima (se realizan un total de 877 combinaciones), siendo esta la que obtenga un mayor valor en la ponderación ya que significará en ese caso que cumple con mayor precisión los objetivos fijados para el proyecto. Al final del documento, *Anexo 1. Comando Matlab. Análisis Multicriterio*, se recogen las distintas combinaciones realizadas a partir de un *script* de Matlab que simula diferentes pesos por criterio de manera aleatoria, con el fin de no adulterar los resultados de obtención de propuesta de ubicación óptima. Los resultados se muestran en la *Tabla Anexo 1.1. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de robustez*.

Con los datos extraídos de la *Tabla Anexo 1.1*, se obtienen los siguientes resultados:

- Propuesta 1: 160 veces → 18,00 %
- Propuesta 2: 326 veces → 37,00 %
- Propuesta 3: 391 veces → 45,00 %

Por lo tanto, se observa que la propuesta más robusta, fiable y sostenible es la propuesta 3, Alcántara, según las valoraciones y el método que se ha desarrollado.

3.2.2. Análisis de sensibilidad

Consiste el análisis de la sensibilidad en limitar las combinaciones realizadas en el análisis de robustez a aquellas que se encuentren dentro de un intervalo determinado de valoraciones al que llamaremos valor objetivo, y al intervalo tolerancia de dicho valor objetivo, en concreto y en el caso que nos ocupa nuestro valor objetivo que se ha tomado como referencia son los correspondientes a las ponderaciones que se han tomado como referencia para el método Pattern y que son las siguientes:

- Criterio 1: Presupuesto (P.E.M.) – 0,40
- Criterio 2: Orografía – 0,10
- Criterio 3: Valoración Paisajística – 0,20
- Criterio 4: Vertebración territorial – 0,20
- Criterio 5: Funcionalidad – 0,10

Tomándose el mismo criterio que en el caso anterior, con una tolerancia de $\pm 0,10$, la alternativa optima será aquella que obtenga una puntuación mayor en su valoración. En el *Anexo 1. Comando Matlab. Análisis Multicriterio*, se recogen las distintas combinaciones realizadas a partir de un *script* de Matlab que simula diferentes pesos por criterio de manera aleatoria, con el fin de no adulterar los resultados de obtención de propuesta de ubicación óptima. Los resultados se muestran en la *Tabla Anexo 1.2. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de sensibilidad*.

Con los datos extraídos de la *Tabla Anexo 1.2*, se obtienen los siguientes resultados:

- Propuesta 1: 1 vez \rightarrow 3,00 %
- Propuesta 2: 0 veces \rightarrow 0,00 %
- Propuesta 3: 32 veces \rightarrow 97,00 %

Por lo tanto, se observa que la propuesta sostenible es la propuesta 3, al igual que pasaba con el análisis de robustez según las valoraciones y el método que se ha desarrollado.

3.2.3. Resultados obtenidos del Análisis Multicriterio de Pattern

El estudio de propuestas de distintas localizaciones concluye tras el análisis de un total de tres propuestas valoradas a partir de cinco criterios de valoración, que la localización en la que es más viable desarrollar el proyecto estudiado será la correspondiente a la propuesta número 3, Alcántara.



Figura 3.2.3.1. Situación del ámbito de estudio en la Península Ibérica. Fuente: Google Earth.

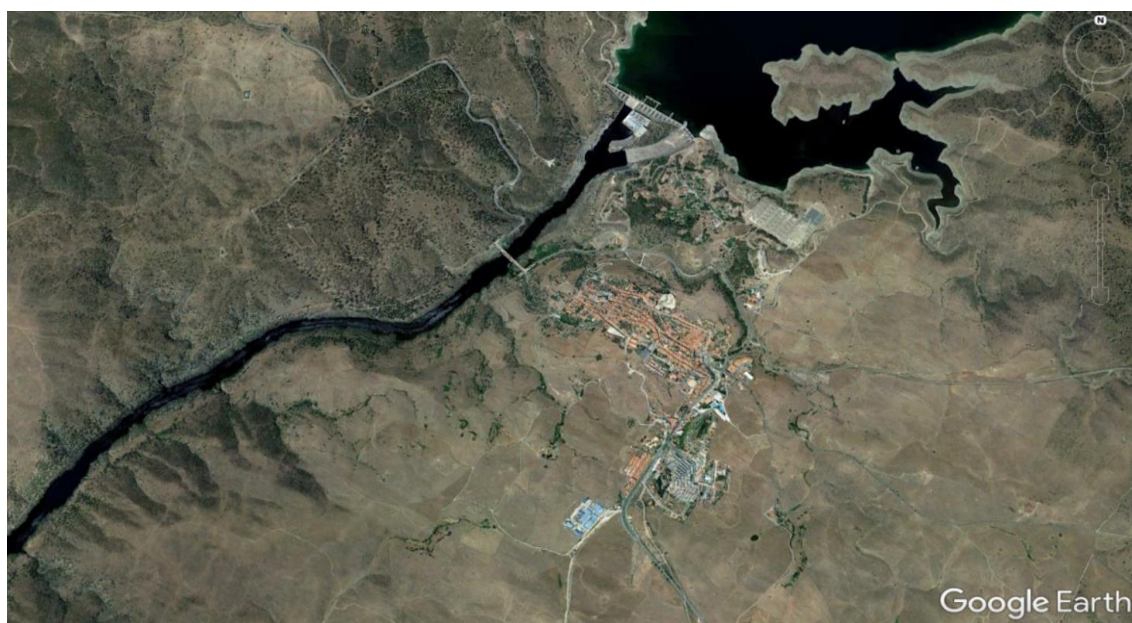


Figura 3.2.3.2. Situación regional del ámbito de estudio. Fuente: Google Earth.

Alcántara es un municipio de la provincia de Cáceres, situado en la orilla izquierda del río Tajo, en su confluencia con el río Alagón, cerca de Portugal. En otro tiempo fue la capital de la comarca histórica de la Tierra de Alcántara, actualmente forma parte de la Mancomunidad Tajo-Salor.

La información que se muestra hasta el final del punto 3.2.3. *Resultados del Análisis Multicriterio de Pattern*, a continuación, ha sido extraída de un estudio realizado por *Estudio A.I.A. Arquitectos Ingenieros Asociados* (http://estudioaia.com/proyectos/puente-alcantara_alcantara-caceres/).

Su nombre moderno proviene del término árabe Al Qantarat, que quiere decir “El Puente” debido al puente romano situado en sus inmediaciones, pues fue fundada en época del emperador Trajano.

El puente romano de Alcántara sobre el río *Tagus* fue construido en el año 103 d.C.

El puente romano fue declarado Monumento Nacional el 13 de agosto de 1924. Existe una demanda social para que el Puente de Alcántara sea declarado Patrimonio de la Humanidad. En 2014 fue elegido “Mejor Rincón de España” por la Guía Repsol.

Este proyecto resuelve las necesidades de infraestructuras, mejorando el trazado viario y liberando el puente histórico del tráfico rodado. Hay que considerar que desde su construcción hasta el s.XX todo el tránsito que ha soportado el monumento ha sido el de personas, caballerías o pequeños carruajes. Actualmente, camiones muy pesados los cruzan traqueteando sobre el enlosado de su calzada. Además, este proyecto serviría para resolver las necesidades culturales de patrimonio, de preservación y potenciación del monumento.

Hoy en día, existen una serie de patologías en el puente romano que justifican la necesidad de liberar de tráfico pesado el puente romano, para evitar su degradación y conservar este legado. A continuación, se muestran una serie de patologías presentadas en el mismo:

- Filtraciones. Humedades por filtración y fisuras por deformación geométrica. La humedad por filtración disgrega el material granítico de las dovelas generando su descomposición y debilitando su comportamiento frente a la compresión.



Figura 3.2.3.3. Intradós de uno de los arcos del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

- Vegetación. Como consecuencia de la humedad, aparece vegetación en las juntas de la mampostería, generando con ello que las raíces vayan deteriorando la estructura.



Figura 3.2.3.4. Vegetación en la estructura del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

- Deterioro de los sillares. Este deterioro se ha generado entre otros factores debido a la humedad y la heladicidad del material.



Figura 3.2.3.5. Pérdida de material de los sillares del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

- Juntas abiertas. Se aprecian juntas abiertas y oscurecimiento del paramento por hongos y líquenes.



Figura 3.2.3.6. Juntas abiertas y oscurecimiento del paramento por hongos y líquenes del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

- Tráfico de vehículos pesados. En lo últimos 60 años lo están utilizando vehículos con más de 45 toneladas que transmiten vibraciones y cargas dinámicas a la estructura. Esto es un serio problema para la persistencia del monumento histórico. Actualmente existe una limitación de peso para el paso de vehículos pesados, que en la mayoría de los casos es incumplida.



Figura 3.2.3.7. Paso de vehículo pesado por el Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

- Enlosado. El pavimento enlosado, colocado posteriormente, se encuentra bastante deteriorado, con la aparición de losas rotas debido principalmente por el tránsito de vehículos pesados. Presentando hundimientos localizados donde se acumula el agua de lluvia que acaba filtrándose al interior del puente, ya que no puede ser drenado.



Figura 3.2.3.8. Deterioro del enlosado del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

- Drenaje insuficiente. Los imbornales destinados a la evacuación del agua de lluvia del tablero están atascados y son insuficientes, quedando estancada sobre la parte superior del puente, filtrándose al interior del mismo provocando humedades internas lo que conlleva graves patologías.



Figura 3.2.3.9. Imbornal atascado en el tablero del Puente Romano de Alcántara. Fuente: Estudio A.I.A.

3.3. Planos información zona propuesta de actuación óptima

Por último, al final del presente trabajo se adjuntan unos planos de información sobre el emplazamiento en el que se ubicará la infraestructura estudiada en el trabajo. Este estudio se ha realizado con el software ArcGIS y la información utilizada ha sido descargada desde *SITEx* en la sección de *Cartografía temática*. Los planos realizados son:

- **Plano 1: Ubicación.**
La ubicación del trabajo se encuentra en la provincia de Cáceres más concretamente en el municipio de Alcántara. El emplazamiento de la zona de estudio se encuentra al Oeste de la localidad al igual que el Puente Romano, el embalse de José María Oriol II y el río Tajo aguas abajo de la presa.
- **Plano 2: Curvas de nivel – Hipsometría.**
La orografía en la zona es más escarpada en la zona fluvial siendo predominantemente suave una vez superada la zona de la ribera del río Tajo. La zona presenta una variación de altitud desde los 200,00 m hasta los 400,00 m en los puntos más elevados.
- **Plano 3: Clases agrológicas y paisajes.**
Respecto a la vegetación de la zona destacan encinares toletano-taganos principalmente en la ribera del río Tajo y encinares luso-extremeños en las zonas de orografía más suave. Presentando dominio de riveros y valles fluviales encajados en las zonas cercanas al río y, llanos y penillanuras en las zonas menos escarpadas. Por último, la edafología de la zona es predominantemente inceptisol.
- **Plano 4: Hidrografía.**
El río Tajo, principal río del municipio, marca el límite municipal con Ceclavín y Acehuche. Todos los ríos de Alcántara son afluentes del Tajo y entre ellos destacan el río Alagón, que tras marcar el

límite con Ceclavín desemboca en el Tajo cerca del pueblo de Alcántara; el río Erjas, que marca frontera con Portugal hasta desembocar en el Tajo; y el río Salor, que marca el límite municipal con Salorino y Membrío.

- Plano 5: Infraestructuras.

La principal carretera que pasa por Alcántara es la EX-117, que une Portugal y Piedras Alba al Noroeste con Villa del Rey, Brozas, Navas del Madroño, Arroyo de la Luz y Malpartida de Cáceres al Sureste.

Destacar las dos centrales eléctricas que tiene el embalse de José María Orio II, una en desuso, propiedad de Iberdrola.

- Plano 6: Geología y litología.

Respecto a la geología en predominantemente flysch de origen sedimentario compuestas por alternancia rítmica de capas de rocas duras cohesivas, intercaladas con otras más blandas friables (margas o lutitas). Esta disposición favorece la erosión diferencial, pues las capas friables son desgastadas con mayor facilidad que las capas cohesivas. Esto hace que las capas duras se queden en resalte y sin apoyo, que así son erosionadas más fácilmente, pero a la vez la existencia de las rocas duras protege a las blandas.

La litología de la zona de trabajos está formada por cuarcitas, pizarras y areniscas, es decir, rocas duras cohesivas como se comentó en el párrafo anterior.

- Plano 7: Núcleos urbanos.

- Zarza la Mayor, Ceclavín y Acehuche al Norte.
- Piedras Albas enclavado al Norte.
- Portezuelo y Garrovillas de Alconétar al Este.
- Mata de Alcántara, Brozas y Navas del Madroño al Sureste.
- Villa del rey y Brozas al Sur.
- Salorino y Membrío al Suroeste.
- Y la localidad portuguesa de Idanha-a-Nova al Oeste.

Finalmente, en el término municipal de Alcántara hay tres núcleos de población reconocidos: Alcántara, Estorninos y Poblado de Iberdrola.

- Plano 8: Zonas de valor ambiental y turístico.

- Red de Espacios Naturales Protegidos de Extremadura: en el término municipal de Alcántara se ubica el Parque Natural Tajo Internacional.
- Zonas de Especial Conservación: Llanos de Alcántara y Brozas y, Cedillo y río Tajo Internacional.
- Zona de Especial Protección para las Aves: Río Tajo Internacional y Riberos, Llanos de Alcántara y Brozas y Embalse de Alcántara.
- Reservas de la Biosfera de Extremadura: Transfronteriza Tajo-Tejo Internacional.

4 PROPUESTAS DE ALTERNATIVAS

En las siguientes líneas se procede a señalar cómo se obtienen cada una de las alternativas que serán sometidas a análisis con el fin de escoger la más adecuada. Centrándose los siguientes puntos en desarrollar lo relativo a la fuente de dónde se han tomado los datos necesarios para el estudio de las diferentes soluciones y en el tratamiento informático de dicha información extraída.

4.1 Cartografía

Una vez seleccionada la ubicación óptima de la infraestructura que se dimensionará posteriormente, es necesario conocer la topografía y orografía de la zona de actuación en detalle. Para ello se recurre a la base de datos de la Consejería de Agricultura, Desarrollo Rural, Población y Territorio de la Junta de Extremadura, a la que se puede acceder online a través del Centro de Información Cartográfica y Territorial de Extremadura (CICTEX) concretamente en el centro de descargas del *Sistema de Información Territorial de Extremadura (SITEx)*.

Una vez dentro de *SITEx*, procedemos a descargar el modelo digital del terreno 1º cobertura con paso de malla de 5 m es aquí cuando nos redirige al mapa interactivo del IGN y tras localizar en el mapa interactivo la zona de actuación, se procede a descargar las correspondientes hojas cartográficas con el modelo digital del terreno. Éstas vienen recogidas a continuación:

- Hoja 0648-2
- Hoja 0648-3
- Hoja 0648-4
- Hoja 0649-1

4.2 Implementación cartografía

Una vez se han obtenido los archivos del modelo digital del terreno de la zona, se procede al tratamiento de los datos con las herramientas informáticas en las que se basa este trabajo, siendo esta la primera toma de contacto con ellas en el estudio presente.

Antes de empezar a trabajar con AutoCAD Civil 3D, es imprescindible descargar el “*Country Kits*” de España de Autodesk, son unos paquetes dentro del software que recogen una serie de particularidades y características útiles en el proceso de diseño en relación a cada país. Más adelante, veremos como esta opción cobra gran interés para el diseño de las guitarras o para las especificaciones paramétricas del diseño de la rasante, así como de la alineación.

En primer lugar, es necesario cargar la información cartográfica descargada en AutoCAD Civil 3D. Para ello se selecciona la opción “*Superficies*” en la pestaña de inicio y, a continuación, “*A partir de DEM*”, abriéndose los archivos descargados del IGN en formato *.asc*.

Previamente, debemos establecer el sistema de coordenadas de la zona objeto de estudio, para seleccionar el sistema de coordenadas seleccionamos en el “*Espacio de herramientas*” la opción “*Configuración*” y cliqueando con el botón derecho sobre el título del archivo de AutoCAD Civil 3D creado seleccionamos “*Editar configuración del dibujo...*”, una vez escogida la selección anterior aparecerá una ventana dónde escogeremos las unidades, “*Metros*” y “*Grados*”, y huso sistema de coordenadas de la zona en cuestión, “*ETRS89 / UTM zone 29N*”.

Una vez cargada la cartografía en AutoCAD Civil 3D podemos comprobar el alto coste computacional

necesario dado que la superficie descargada es muy extensa, por lo que para reducir el espacio de trabajo escogeremos una zona a lo largo del recorrido del río Tajo aguas abajo del embalse de José María de Oriol II. Para realizar esta operación, crearemos un rectángulo, mediante la opción “*Rectángulo*” de la pestaña “*Inicio*”, en la zona comentada anteriormente y dentro del “*Espacio de herramientas*” en la pestaña “*Prospector*” y en la opción “*Superficies*” dentro de la rejilla DEM creada con la cartografía utilizada creamos un “*Contorno*” de tipo “*Exterior*”, por lo que todo lo que quede fuera del rectángulo creado no aparecerá en el espacio de dibujo de AutoCAD Civil 3D, reduciendo el coste computacional necesario a la hora de trabajar con una cartografía tan extensa como la descargada.

Tras la selección de un área de estudio más reducida, se guarda el archivo en formato *.dwg* para su carga en el programa Autodesk InfraWorks 360. Tras abrirlo, creamos un nuevo modelo y en la ventana emergente, en la pestaña de “*Configuración Avanzada*”, señalamos el huso y sistema de coordenadas concreto, que en este caso es “*ETRS89 / UTM zone 29N*”. A continuación, se importa la información geográfica guardada de AutoCAD Civil 3D a través de la opción “*Origen de datos*” y se actualiza el visor para cargar la superficie generada. Además, se pueden implementar imágenes ráster vía satélite en la superficie generada, tan sólo es necesario cargarlas y esto se lleva a cabo en la opción “*Conectar con origen de datos*”, tipo de conexión “*Bing Maps*” y escogiendo la resolución de las imágenes, posteriormente, actualizamos el modelo al finalizar para que sea visible la superficie generada.

Esta herramienta permite recorrer el ámbito a través del visor a golpe de ratón, proporcionando multitud de posibilidades a la hora de tomar decisiones sobre el mismo.

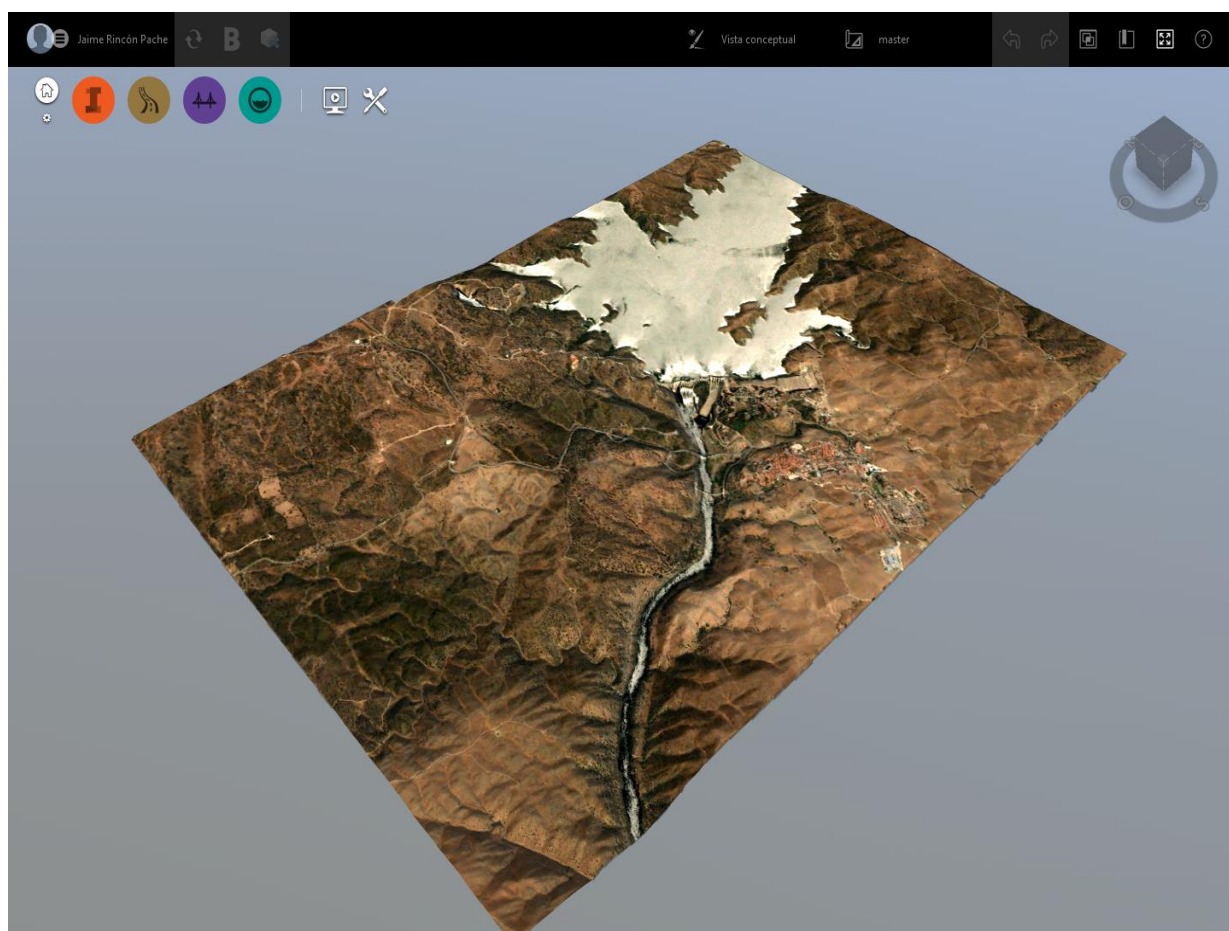


Figura 4.2.1. Vista de la cartografía cargada en Autodesk InfraWorks 360.

4.3 Diseño de alternativas estudiadas

Cabe recordar que uno de los objetivos de este trabajo es demostrar la utilidad de las herramientas informáticas mencionadas en la resolución de problemas de ingeniería facilitando en gran medida el bosquejo y el encaje de diferentes propuestas de análisis concretas.

El diseño de alternativas se lleva a cabo con Autodesk InfraWorks 360. Tras realizar una inspección visual del ámbito de estudio óptimo, se seleccionan los posibles lugares donde podría ubicarse la infraestructura estudiada. Se ha indicado que una de las premisas de este estudio es liberar el puente histórico del tráfico rodado, así como resolver las necesidades de infraestructuras del emplazamiento seleccionado.

Una vez localizados los posibles emplazamientos, cuyas características se detallarán a continuación con la definición de cada alternativa, se procede al encaje de la infraestructura. Tan sólo se mencionarán aquí las herramientas utilizadas para ello, ya que las alternativas en sí se construyen de forma similar y se explicarán con posterioridad.

En este punto se trata el problema de forma preliminar, y como se busca es mostrar la sencillez que ofrecen estos programas informáticos, se utilizarán únicamente dos elementos de diseño conceptual para elaborar las infraestructuras. En el menú de InfraWorks 360 se selecciona la opción “*Diseñar, revisar y construir carreteras*”, abriéndose un desplegable con multitud de opciones de diferente naturaleza. Para el punto del proceso actual, solo se elegirá la opción “*Carreteras compuestas*”, identificando los puntos en los que es necesario la creación de un viaducto y aquellos en los que simplemente debe generar un movimiento de tierras para la ubicación de una calzada viaria.

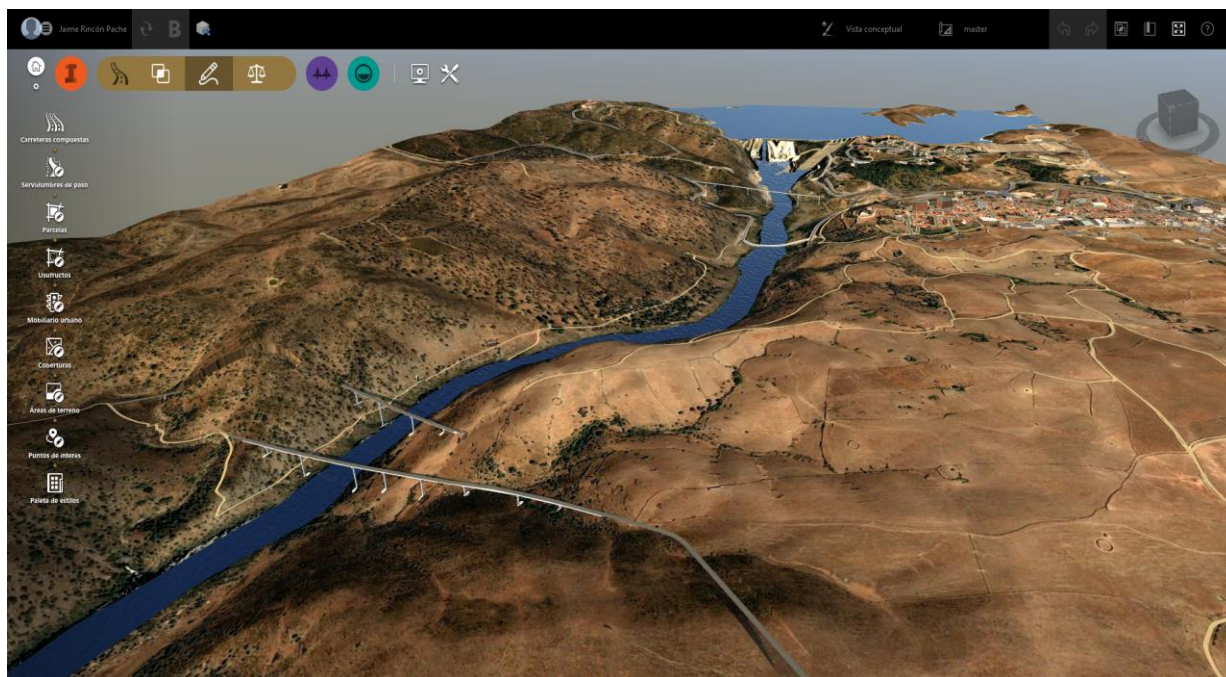


Figura 4.3.1. Alternativas planteadas sobre la cartografía cargada en InfraWorks 360.

Entre las muchas posibilidades de edición que ofrece InfraWorks 360, también se puede editar el terreno, así como la masa de agua.

Una vez diseñadas las infraestructuras de las diferentes alternativas propuestas, pinchando sobre ella se pueden editar sus características, tales como nombre, tipo, atributos, geometría, etc. A nivel de encaje de alternativa, sólo se editarán hasta el momento las elevaciones, pendientes y transiciones para posibilitar la conexión entre los tramos de carretera, ya sean existentes como de nueva creación, y los viaductos.

4.4 Descripción de las alternativas a considerar

En este apartado se procede a detallar las diferentes posibilidades de infraestructura a realizar en base a las construcciones llevadas a cabo virtualmente en Autodesk InfraWorks 360. En los posteriores puntos se valorará cada alternativa con diferentes criterios para la elección de la más adecuada.



★ Situación de alternativa

Figura 4.4.1. Situación de las alternativas planteadas sobre la cartografía cargada en InfraWorks 360.

4.4.1 Alternativa 0

Se trata de una opción indispensable en todo análisis de alternativas de un proyecto de ingeniería, es la posibilidad de no realizar ninguna actuación en la zona. Se basaría en la no realización del proyecto que permita resolver las necesidades de infraestructuras, mejorando el trazado viario y liberando el puente histórico del tráfico rodado.

Dado el carácter académico perseguido en este caso, esta alternativa no tendría sentido, si bien es necesaria su definición para introducirla en el posterior análisis multicriterio.

4.4.2 Alternativa 1

Se trata de la zona más al Oeste del ámbito estudiado. Esta ubicación se escoge por ser una zona donde se estrecha la masa de agua y por la existencia de un camino en ambos márgenes del río Tajo.

Llevar a cabo esta alternativa implicaría un viaducto de aproximadamente unos 716,00 metros y un tramo de carretera, para conectar con el camino del margen derecho del río, de unos 511,00 metros, si bien habría que convertir el camino existente, en ambos lados, en carretera, así como realizar las conexiones con las redes viarias existentes que serían con la CC-126 en el margen izquierdo y la EX-117 en el margen derecho.

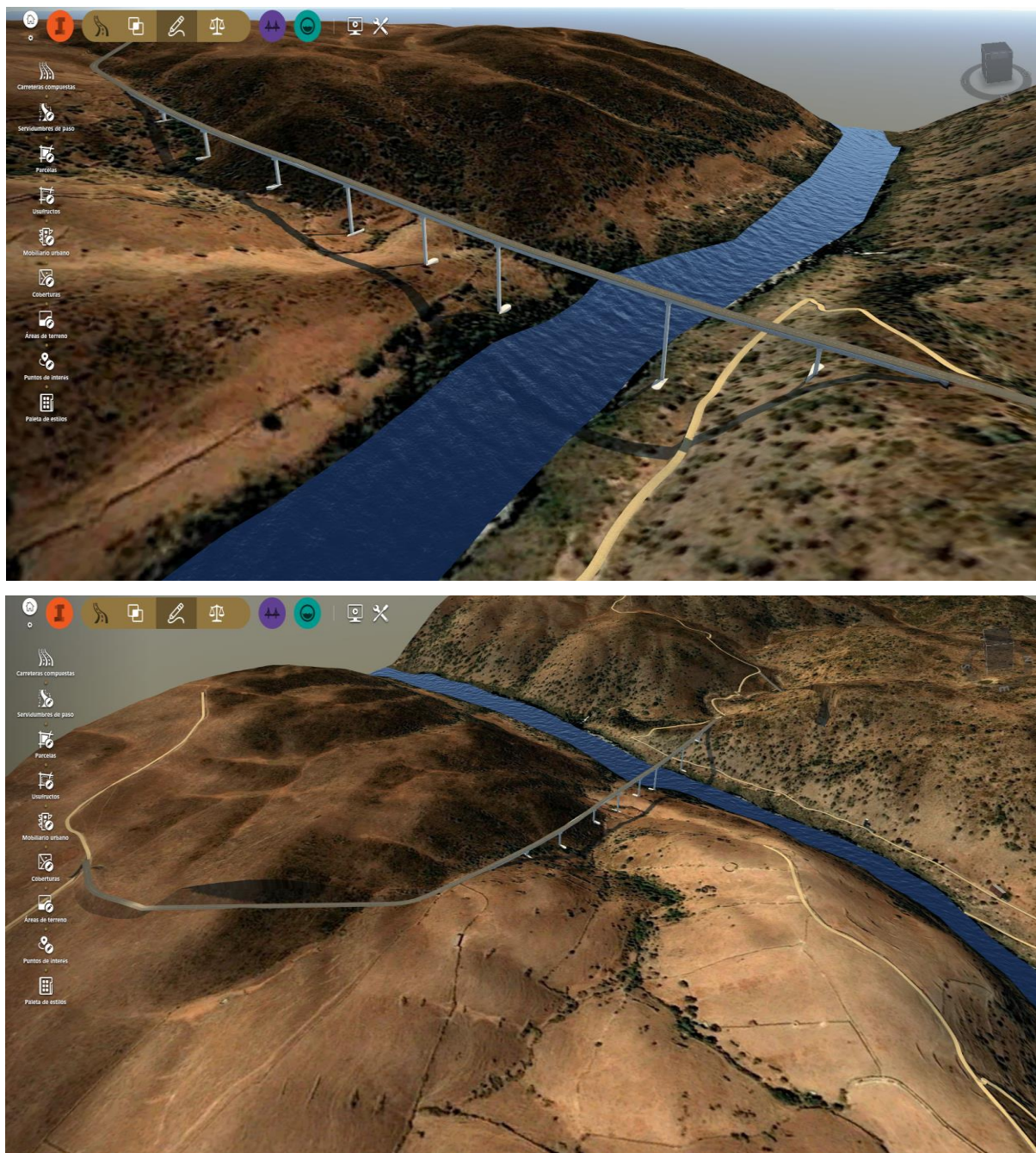


Figura 4.4.2.1. Alternativa 1 en InfraWorks 360.

4.4.3 Alternativa 2

Continuando ligeramente aguas arriba, se ubica la alternativa 2. Se escoge al igual que en el caso anterior por la ser una zona de estrechamiento del río y al existir un camino en ambos márgenes del río.

Ejecutar esta alternativa implicaría el menor viaducto posible respecto a las demás opciones planteadas (alrededor de 327,00 metros). Gracias a las herramientas utilizadas, podemos asegurar que esta zona elegida a diferencia de las demás presenta una orografía muy escarpada, presentando la necesidad de un importante movimiento de tierra, así como del acondicionamiento de los caminos y su conexión con las redes viarias existentes, que al igual que la Alternativa 1 serían la CC-126 y la EX-117.



Figura 4.4.3.1. Alternativa 2 en InfraWorks 360.

4.4.4 Alternativa 3

La propuesta que se encuentra al Este, ubicada entre el Puente Romano de Alcántara y la presa que constituye el embalse José María de Oriol-Alcántara II, es la alternativa 3. Consta de un único viaducto para salvar el paso del agua del río con una longitud de 806,00 metros conectando directamente en ambos márgenes con la EX-117, por lo que no sería necesaria ninguna actuación de creación de nueva plataforma viaria ni adecuación de caminos existentes como si lo son en las anteriores alternativas.

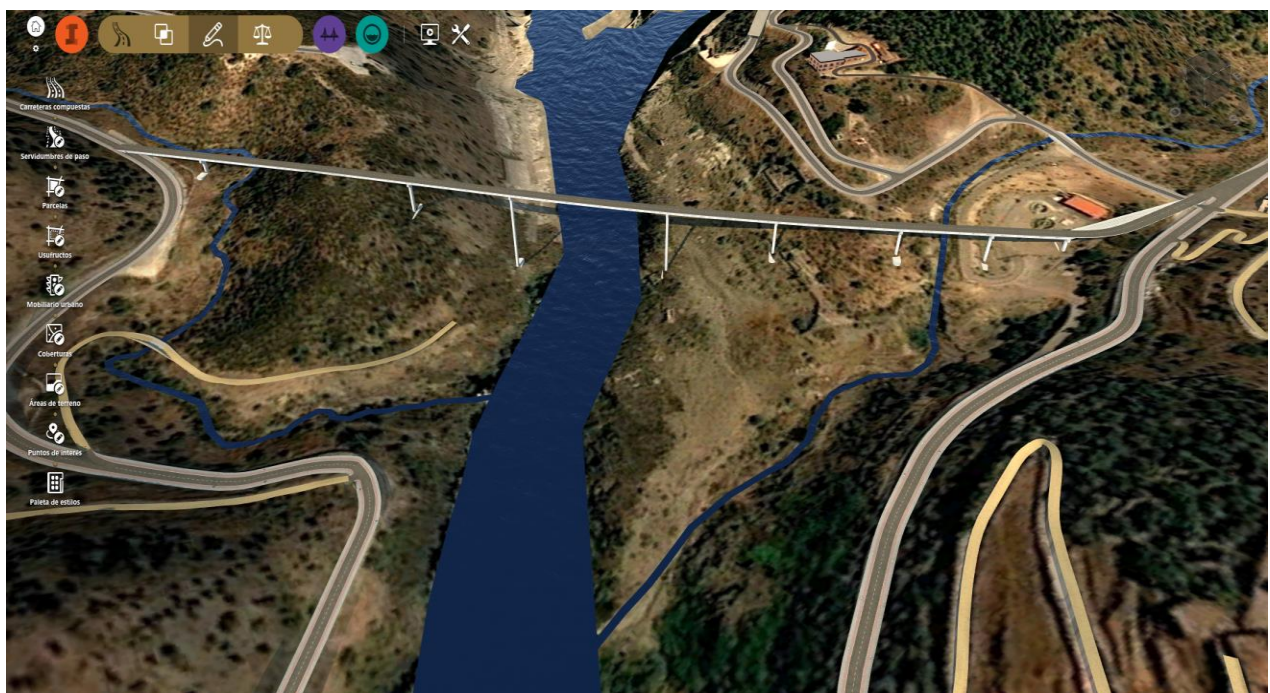


Figura 4.4.4.1. Alternativa 3 en InfraWorks 360.

5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En este punto se lleva a cabo el análisis de las alternativas definidas en el punto anterior, de forma que se extraiga la más adecuada.

Previamente, en la selección de la ubicación del trabajo se llevó a cabo el análisis multicriterio de Pattern, pero en este caso para no realizar un ejercicio repetitivo se realizará un análisis de las alternativas menos extenso que el realizado con las propuestas de localización del estudio. En este caso, al tratarse de un trabajo con fines académicos y no de un proyecto real, los criterios económicos se obviarán del mismo, así como su relación con el acceso a los servicios y beneficios sociales que reportaría.

Con todo esto, se establecen como criterio de valoración los siguientes:

- Longitud de viaductos involucrados.
- Longitud del tramo intervenido.
- Aprovechamiento de viarios existentes.
- Disminución sinuosidad del itinerario.
- Impacto ambiental.
- Vistas.

5.1 Desarrollo de los criterios

A continuación, se definen los diferentes criterios de valoración a tener en cuenta y como se llevará a cabo su puntuación.

5.1.1 Longitud de los viaductos involucrados

Pese a que se comentó con anterioridad que se obviará el carácter económico al ser un estudio de carácter estudiantil, hay que tener presente la optimización de los recursos en la medida de lo posible y no eximiendo esto del carácter ingenieril. Este criterio valorará positivamente la menor longitud de los viaductos de cada alternativa.

5.1.2 Longitud del tramo intervenido

Al igual que en el criterio anterior, hay que tener presente la optimización de los recursos en la medida de lo posible y no eximiendo esto del carácter ingenieril. Este criterio valorará positivamente la menor longitud de los tramos de cada alternativa.

5.1.3 Aprovechamiento de viarios existentes

Siguiendo con los principios mencionados, se valorará positivamente no ampliar, modificar o añadir nuevos trazados de carretera en cada alternativa estudiada.

5.1.4 Disminución sinuosidad del itinerario

Se valorará positivamente a aquellas alternativas que no incrementen la sinuosidad del trazado viario actual y que fomenten su continuidad.

5.1.5 Impacto ambiental

Se valorará positivamente la reducción del impacto que cause cada alternativa en el entorno del emplazamiento decidido.

5.1.6 Vistas

Se valorará positivamente a aquellas alternativas que ofrezcan mejor visión del entorno natural que se quiere poner en valor, así como de los elementos existentes como pueden ser la presa del embalse de José María Oriol II como el Puente Romano de Alcántara.

5.2 Valoración de las alternativas

Se valorará con una puntuación desde 0 la puntuación más baja y 5 la más alta y positiva. Además, cada criterio se ponderará en atención a su relevancia según lo establecido en la tabla siguiente, normalizándose que su suma sea la unidad.

Tabla 5.2.1. Ponderación de los criterios para la evaluación de alternativas.

Criterio	Peso
A. Longitud de viaductos involucrados	0,20
B. Longitud del tramo intervenido	0,25
C. Aprovechamiento de viarios existentes	0,15
D. Disminución sinuosidad del itinerario	0,15
E. Impacto ambiental	0,15
F. Vistas	0,10

La alternativa 0 obtendría la máxima puntuación en los criterios A, B y E, ya que la longitud de los viaductos implicados es nula, así como la longitud del tramo intervenido y el impacto ambiental que produce. En cambio, en el resto de los criterios obtendría la mínima puntuación más baja, ya que no aprovecha las carreteras existentes, no disminuye la sinuosidad existente y no ofrece mejores vistas de las existentes que pongan en valor el paisaje.

La alternativa 1 obtendría la máxima puntuación en el criterio D ya que disminuye considerablemente la sinuosidad en el emplazamiento. Y la mínima puntuación en el aprovechamiento de viarios existentes, ya que sería necesario la construcción de un nuevo tramo viario en ambos márgenes del río y el acondicionamiento de caminos existentes.

La alternativa 2 obtendría la puntuación más alta en los criterios A y D, debido a que la longitud del viaducto involucrado es el menor de las tres propuestas y la disminución de la sinuosidad sería importante y que al igual que en el caso anterior sería necesaria la construcción de nuevos tramos viarios en ambos márgenes y

acondicionamiento de los caminos existentes, dando lugar a que una de sus puntuaciones más baja sea la de aprovechamiento de viarios existentes. La puntuación más baja sería la de tramo intervenido ya que como se ha comentado anteriormente habría que realizar una actuación muy importante para realizar la conexión con los viarios existentes.

La alternativa 3 alcanza la máxima puntuación en los criterios B, C, E y F, ya que el tramo intervenido es el menor de las tres propuestas estudiadas en InfraWorks 360, aprovecha los viarios existentes en ambos márgenes del río, el impacto ambiental que se produce es menor que los otros casos estudiados ya que se sitúa entre el Puente Romano de Alcántara y la presa del embalse José María de Oriol II y las vistas son espectaculares por lo comentado previamente, así como de la zona en cuestión.

Tabla 5.2.2. Resumen de las puntuaciones obtenidas por cada alternativa.

		Criterios de valoración						Suma ponderada
		A	B	C	D	E	F	
Alternativa	0	5	5	0	0	5	0	3,00
	1	3	2	1	4	2	3	2,45
	2	4	0	1	4	2	3	2,15
	3	1	4	4	3	4	4	3,25

Como consecuencia de los resultados obtenidos en el análisis multicriterio, recogido en la tabla anterior, se llega a la conclusión que la alternativa óptima para llevar a cabo el estudio es la Alternativa 3.

6 DISEÑO DE ALTERNATIVA. AUTOCAD CIVIL 3D

En este capítulo se tratará todo lo relacionado con el diseño de la carretera, se llevará a cabo con la herramienta de AutoCAD Civil 3D de Autodesk. Este software presenta muchas ventajas a la hora de proyectar infraestructuras lineales, la más significativa es el hecho de que realiza un tratamiento gráfico de los elementos de forma parametrizada, es decir, el programa actualiza de manera automática los elementos para ajustarlos a los cambios, sin necesidad de redefinirlos con las nuevas características o las modificaciones realizadas. Existen otras ventajas a la hora del cálculo y la representación, principalmente enfocadas a las obras lineales.

6.1 Datos de partida

Anteriormente, se inició el estudio obteniendo la base cartográfica del IGN una vez redirigido desde la página de la Junta de Extremadura, SITEX. Esta cartografía fue introducida en AutoCAD Civil 3D para su ensamblaje, migrándola a Autodesk InfraWorks 360 para construir sobre ella las diferentes alternativas estudiadas dentro del ámbito de estudio óptimo. Una vez seleccionada la alternativa con mayor puntuación, del análisis multicriterio realizado en la *selección de alternativas*, se procede a devolver los datos a AutoCAD Civil 3D desde InfraWorks 360.

El uso de ambos programas, como ya se comentó en puntos anteriores, de manera combinada presenta multitud de utilidades y ventajas. A la hora de exportar los datos a AutoCAD Civil 3D tras haber creado las alternativas, se realiza de forma sencilla seleccionando la opción “Insertar” del menú principal y, a continuación, la opción “Abrir modelo de InfraWorks”. Se genera un desplegable en el cual hay que introducir la ubicación del archivo de InfraWorks 360 creado con las diferentes alternativas estudiadas, en formato *.sqlite*, y el sistema de coordenadas de la ubicación, “ETRS89 / UTM zone 29N”.

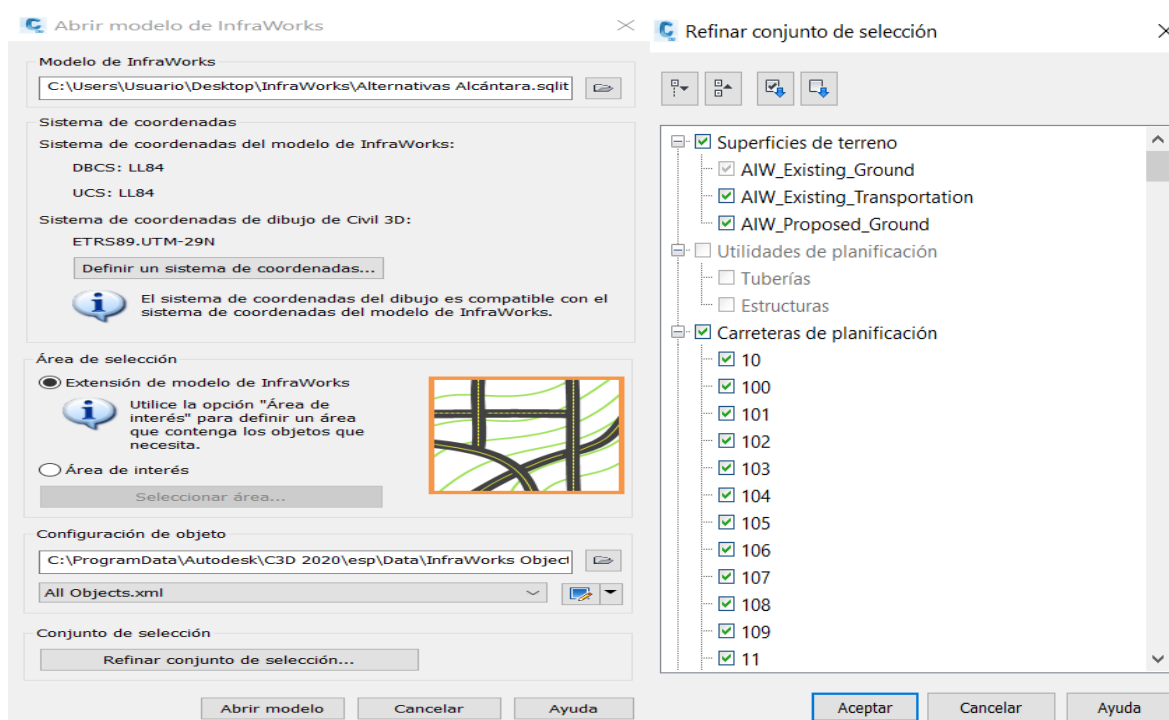


Figura 6.1.1. Interfaz de importación de archivos desde InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D

En este archivo *.sqlite* se crearon las tres alternativas estudiadas de la que sólo una ha conseguido ser la ganadora, al importar este archivo a Civil 3D desde InfraWorks podemos desechar los elementos correspondientes a las dos alternativas restantes que han sido seleccionadas mediante el análisis multicriterio, sin necesidad de elaborar un nuevo modelo de InfraWorks 360 ni de hacer una copia para eliminar lo que no servirá. Este cribado de elementos al pasar de un programa a otro se realiza mediante la opción “*Refinar conjunto de selección*”.

6.2 Alineación en planta

Una vez descartada la información no válida, las dos alternativas que no resultaron ganadoras, se creará una alineación a partir de una polilínea que recorra todo el itinerario viario propuesto en InfraWorks 360. Recalcar que en AutoCAD Civil 3D no es posible unir alineaciones, por lo que es importante definir una única alineación desde el primer momento para evitar problemas posteriormente durante el diseño de la infraestructura viaria.

Tras crear la polilínea comentada anteriormente, generaremos la alineación. Cliqueando sobre la pestaña de *Inicio* de AutoCAD Civil 3D en “*Alineación*”, se selecciona “*Crear alineación a partir de objeto*” para dibujar la alineación sobre la polilínea creada, abriéndose, a continuación, un menú en el cual se deben indicar algunas características de la alineación que se va a generar.

Destacar que, en lo referente al trazado de la carretera, en España es de aplicación la *Norma 3.1-IC – Trazado (Orden FOM/273/2016 de 19 de febrero)*. Una de las principales utilidades de AutoCAD Civil 3D es que permite implementar normativa al diseño, por lo que no tendremos que actuar sobre cada punto de la carretera indicando sus características, sino que señalando las opciones correspondientes en el apartado “*Norma de diseño*” del menú mencionado con anterioridad, el software irá ajustando el trazado a dicha normativa nacional.

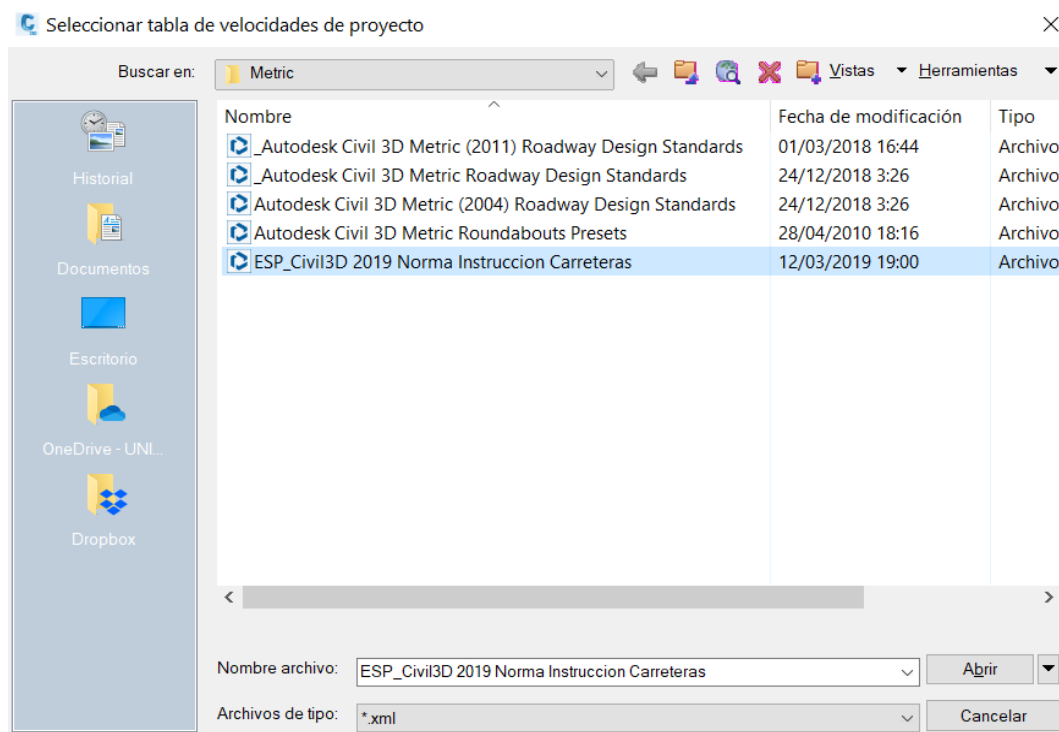


Figura 6.2.1. Selección normativa en AutoCAD Civil 3D.

Inicialmente se establecerá una velocidad máxima de 90,00 km/h para la vía a diseñar, es la máxima permitida en carreteras secundarias españolas para vehículos de tipo turismo. Una vez asignada la normativa, para la

tabla de radios mínimos se establecerá Grupo 3 (carreteras convencionales hasta 90,00 km/h), para la tabla de longitudes de transición 2 carriles, y carretera con bombeo en el método de definición de peraltes. También marcaremos la opción de comprobaciones de diseño, en la alineación se indicará con una advertencia, tanto en pantalla como en la tabla de datos, aquellos tramos que no cumplen con las especificaciones técnicas de la norma aplicada.

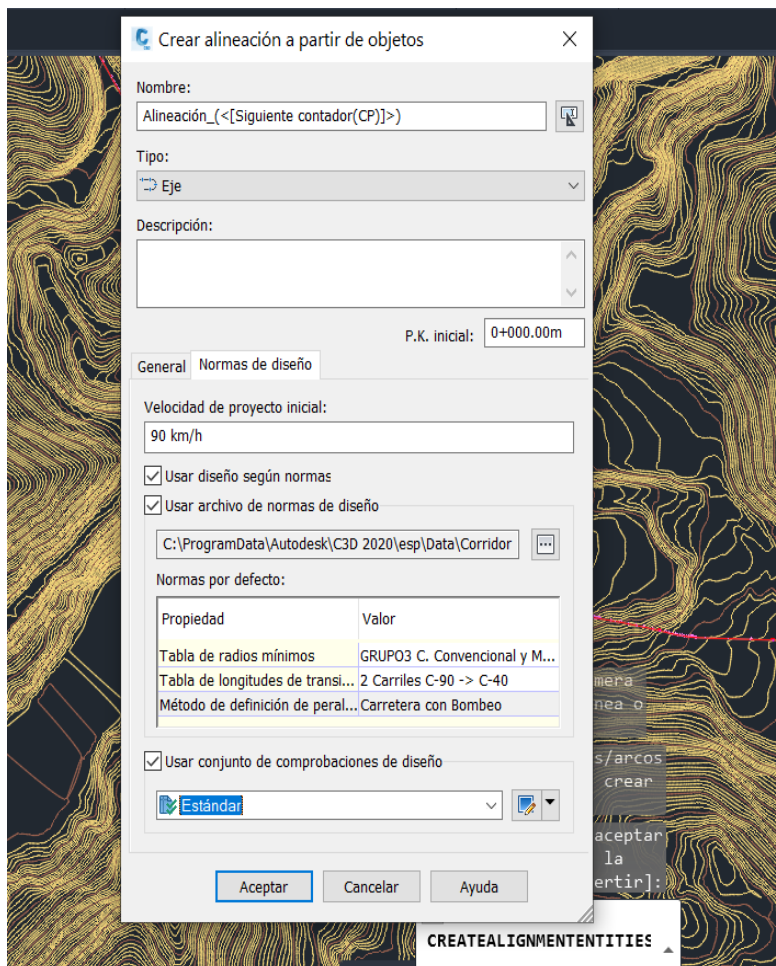


Figura 6.2.2. Creación de alineación a partir de objeto, en este caso polilínea, en AutoCAD Civil 3D.

De este modo tendremos la seguridad de que se está diseñando de forma acorde a la normativa fijada. Aunque, es necesario destacar que AutoCAD Civil 3D utiliza el paquete “Estándar” para las comprobaciones de diseño, que no tiene por qué corresponderse con la normativa que se ha usado para diseñar la infraestructura viaria. Entonces, o bien se redefine el paquete de comprobaciones ajustándolo a la norma o bien se establece otro nuevo con las características que se consideren adecuadas según la normativa “3.1-IC. Trazado”. De lo contrario, el programa mostrará multitud de advertencias por mal diseño en función no de la normativa española fijada, como es el caso, sino del paquete “Estándar”. Modificamos la velocidad de proyecto a 40,00 km/h por las exigencias de la orografía del emplazamiento en cuanto al cumplimiento de la Instrucción de Carreteras, se mantiene lo referente a las espirales, eliminamos la longitud mínima de tramos rectos y fijamos el radio mínimo en 50,00 m.

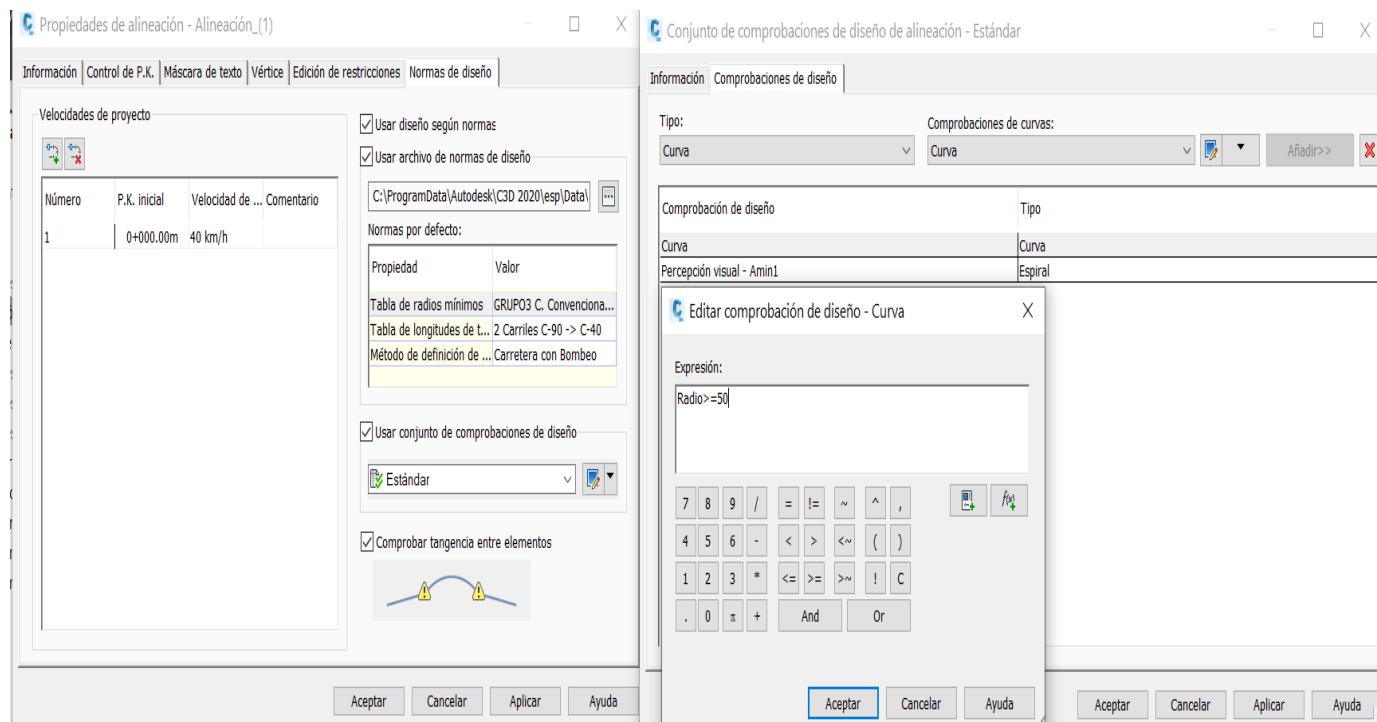


Figura 6.2.3. Edición de criterios de comprobación del paquete “Estándar” de AutoCAD Civil 3D.

TABLA 4.4.

RELACIÓN VELOCIDAD DE PROYECTO - RADIO MÍNIMO - PERALTE MÁXIMO.

TABLA 4.1.

LONGITUDES MÍNIMA Y MÁXIMA RECOMENDABLES
EN ALINEACIONES RECTAS.

(V _p) (km/h)	L _{min,s} (m)	L _{min,o} (m)	L _{max} (m)
140	195	389	2 338
130	181	361	2 171
120	167	333	2 004
110	153	306	1 837
100	139	278	1 670
90	125	250	1 503
80	111	222	1 336
70	97	194	1 169
60	83	167	1 002
50	69	139	835
40	56	111	668

VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	GRUPO 1		GRUPO 2		GRUPO 3	
	A-140 y A-130		A-120, A-110, A-100, A-90, A-80 y C-100		C-90, C-80, C-70, C-60, C-50 y C-40	
	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)	RADIO MÍNIMO (m)	PERALTE MÁXIMO (%)
140	1 050	8,00	--	--	--	--
130	850	8,00	--	--	--	--
120	--	--	700	8,00	--	--
110	--	--	550	8,00	--	--
100	--	--	450	8,00	--	--
90	--	--	350	8,00	350	7,00
80	--	--	250	8,00	265	7,00
70	--	--	--	--	190	7,00
60	--	--	--	--	130	7,00
50	--	--	--	--	85	7,00
40	--	--	--	--	50	7,00

Figura 6.2.4. Tablas sobre de longitud y radio en función de la velocidad contenidas en la Norma 3.1 IC-Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).

Con todo lo anterior, se está diseñando, en definitiva, con la velocidad más desfavorable, y aunque esta es necesaria en la mayoría de las curvas presentes en el diseño de infraestructura desarrollado hasta el momento, en las rectas de mayor longitud (viaducto) se podrá circular a una velocidad superior a los 40,00 km/h planteados.

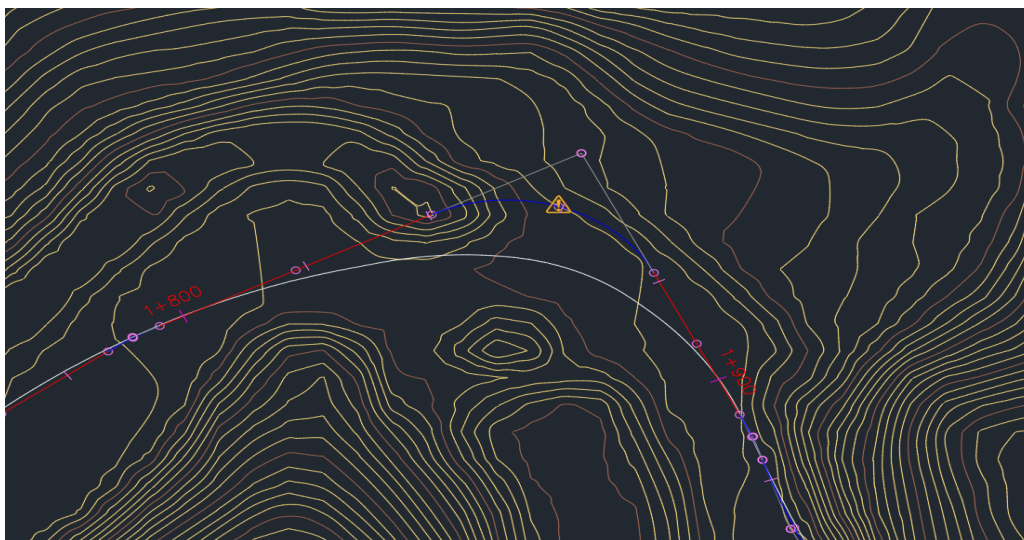


Figura 6.2.5. Advertencia sobre la alineación creada en la pantalla de dibujo de AutoCAD Civil 3D.

En aquellos lugares donde aparezca la advertencia, se podrán editar de forma manual en el dibujo o en la tabla de datos de la alineación creada, se editarán hasta ajustar el trazado a las exigencias de la norma y del paquete de comprobaciones de la misma.

6.3 Perfil longitudinal

Para la inserción de las pendientes de la infraestructura lineal es necesario la creación del perfil longitudinal de la obra.

Para la creación del perfil longitudinal, se clikea en el menú de *Inicio* en la opción “*Perfil*” de AutoCAD Civil 3D y se selecciona en el desplegable “*Crear perfil de superficie*”, generándose un menú dónde hay que indicar la alineación objeto de estudio y la superficie con los datos topográficos de la zona de trabajo.

Una vez añadido el conjunto comentado en el párrafo anterior, y pinchando en “*Dibujar en visualización de perfil*”, se abre una ventana donde editar los parámetros y características del perfil que se va a generar, todos estos valores pueden ser modificados más tarde, ya que como se ha comentado con anterioridad, debido a que todos los datos están parametrizados. Únicamente sólo queda ubicar el perfil en la pantalla de dibujo de AutoCAD Civil 3D.

Destacar que Autodesk dispone de los llamados “Country Kits”, unos paquetes con plantillas que recogen determinadas particularidad y características en el proceso de diseño en relación a cada país. Estos paquetes se pueden descargar desde la web de Autodesk, por tanto, para este trabajo se ha utilizado el paquete correspondiente a España en su versión de 2020, es decir, la misma versión que se está utilizando de AutoCAD Civil 3D. Cobra gran interés a la hora del diseño de guitarras o para especificaciones paramétricas del diseño de la rasante.

Tras la generación del perfil longitudinal, se observa que este sigue la topografía del terreno, por lo que se continuará entonces con la definición de la infraestructura viaria desde la perspectiva del perfil longitudinal.

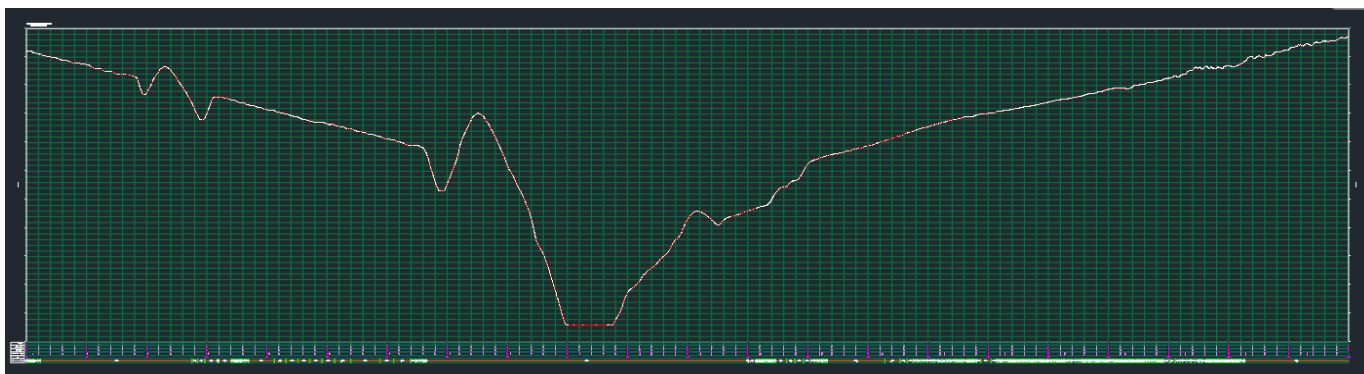


Figura 6.3.1. Perfil longitudinal del terreno en AutoCAD Civil 3D.

Para la creación de la rasante, se selecciona en la pestaña de *Inicio* de AutoCAD Civil 3D la opción *“Herramienta de creación de perfiles”*. Cliqueamos sobre la visualización del perfil creado, se genera una ventana en la cual se puede editar las características de diseño del perfil. Pulsando en *“Aceptar”*, aparece el menú de edición que permitirá dibujar la rasante, se seleccionará la opción del extremo izquierdo en la ventana emergente, *“Dibujar tangentes con curvas”*.

Al igual que se realizó con la alineación en planta, puede seleccionarse la opción de hacerlo conforme a la normativa vigente, y así tener en cuenta la Instrucción de Carreteras del Ministerio de Fomento. A diferencia del caso anterior que se ha mencionado, en cuanto a parámetros de diseño, el *“Country Kit”* de España no tiene implementadas las opciones propias de la *Norma 3.1-IC – Trazado*, únicamente sólo viene introducido el estándar de la AASHTO 2011 para el parámetro mínimo de K_v (referente a la curva, acuerdos verticales). Aunque se incluyeran las comprobaciones de la normativa española, pese a que el primer encaje, automático de AutoCAD Civil 3D, se realice con parámetros estándar de la AASHTO 2011, la corrección se podrá llevar a cabo considerando las especificaciones técnicas recogidas en la Instrucción de Carreteras, *Norma 3.1-IC – Trazado*. Destacar la posibilidad de modificar los criterios de comprobación de forma manual para adaptarlos a las situaciones que sean necesarias solventar.

Una vez realizado el primer encaje de la rasante con las *“Herramienta de composición de perfil”* mostrada anteriormente, se pueden ir editando los valores establecidos en primera instancia. Todas las modificaciones que se realicen tanto del perfil como de la rasante estarán pasando el filtro de la normativa establecida, cumpliendo con las especificaciones técnicas fijadas. En el caso en que los cambios llevados a cabo no cumplan con la normativa, saltará una advertencia específica del fallo en el que estamos incurriendo.

Estas sucesivas modificaciones de encajes que se llevan a cabo no tienen por qué ser definitivas. Entre las ventajas que tiene el diseño mediante esta metodología, es el hecho de las características de parametrización del software AutoCAD Civil 3D, ya que cada pequeña característica que se modifique en el proyecto conllevará la actualización automática de toda la información que derive de la misma. Así se puede asegurar que siempre se estén respetando los criterios de diseño impuestos por la normativa fijada. En nuestro caso, además de los indicados, se cumplen también, y gracias a la metodología aplicada y a la plantilla del kit español, criterios como la longitud mínima de curvas en acuerdo verticales o la coordinación del trazado en planta y alzado.

Para los acuerdos verticales, se ha corregido con un parámetro K_v adecuado respecto a la *“Tabla 5.3. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en Carreteras Convencionales”* de la *Norma 3.1-IC – Trazado*. Concretamente, la plantilla correspondiente a España de Civil 3D transforma el parámetro K_v de la AASHTO 2011, que se introduce en pies, quedando del lado de seguridad la comprobación respecto a la norma española.

TABLA 5.3.

PARÁMETROS MÍNIMOS DE LOS ACUERDOS VERTICALES PARA DISPONER DE VISIBILIDAD DE PARADA DE CUALQUIER CLASE DE CARRETERA Y DE VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO EN CARRETERAS CONVENCIONALES.

GRUPO	VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	ACUERDOS CONVEXOS		ACUERDOS CÓNCAVOS	
		K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento	K_v (m) Parada	K_v (m) Adelantamiento
1	140	22 000	--	10 300	--
	130	16 000	--	8 600	--
2	120	11 000	--	7 100	--
	110	7 600	--	5 900	--
	100	5 200	7 100	4 800	7 800
	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
3	90	3 500	4 800	3 800	6 500
	80	2 300	3 100	3 000	5 400
	70	1 400	2 000	2 300	4 400
	60	800	1 200	1 650	3 600
	50	450	650	1 160	3 000
	40	250	300	760	2 400

Figura 6.3.2. Tabla 5.3. Parámetros mínimos de los acuerdos verticales para disponer de visibilidad de parada de cualquier clase de carretera y de visibilidad de adelantamiento en Carreteras Convencionales (Ministerio de Fomento, 2016).

A continuación, se recogen los valores de K_v utilizados para la comprobación en el programa, tanto de valores mínimos como deseables. Se puede observar en la Tabla 6.3.2. Valores K_v aplicado a cada acuerdo vertical de la rasante y mínimos de la ASSHTO 2011 aplicados para la comprobación de rasantes en AutoCAD Civil 3D cómo el valor de K_v en cada acuerdo cumple con las especificaciones técnicas para una velocidad de proyecto de 40,00 km/h. Esto es debido al haber diseñado considerando la ASSHTO 2011, hemos aplicado unos criterios más restrictivos que los de la normativa española.

Tabla 6.3.1. Valores K_v mínimos y deseables establecidos según la ASSHTO 2011 para la comprobación en AutoCAD Civil 3D.

V_p (km/h)	Acuerdo convexo		Acuerdo cóncavo	
	$K_{v_{\min}} \cdot 100,00$ (m)	$K_{v_{\min \text{ deseable}}} \cdot 100,00$ (m)	$K_{v_{\min}} \cdot 100,00$ (m)	$K_{v_{\min \text{ deseable}}} \cdot 100,00$ (m)
$\geq 40,00$	303,00	1085,00	568,00	1374,00

Tabla 6.3.2. Valores K_v aplicado a cada acuerdo vertical de la rasante y mínimos de la ASSHTO 2011 aplicados para la comprobación de rasantes en AutoCAD Civil 3D.

Tipo de curva de perfil	Valor K_v (m)	Tipo de subentidad	Tabla de acuerdo verticales	V_p (km/h)	K_v mínimo para visibilidad de parada (m)	K_v mínimo para visibilidad de adelantamiento (m)	K_v mínimo para visibilidad de iluminación (m)
Convexo	30.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Convexo	45.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	70.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	25.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	25.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	200.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	60.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	80.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	75.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00
Cóncavo	150.000,00	Parábola simétrica	ASSHTO 2011 Standard	40,00	4.000,00	23.000,00	9.000,00

Una vez establecidas las comprobaciones respecto a los valores de K_v mínimos y deseables, se realiza la comprobación de pendientes de cada tramo de la rasante. En la “*Tabla 5.2.*” de la Norma 3.1-IC – Trazado, se recogen los valores porcentuales máximos para la inclinación de la rasante en función de la velocidad de proyecto, criterios que utiliza AutoCAD Civil 3D con la plantilla española.

TABLA 5.2.

VELOCIDAD DE PROYECTO (V_p) (km/h)	INCLINACIÓN MÁXIMA (%)	INCLINACIÓN EXCEPCIONAL (%)
100	4	5
90 y 80	5	7
70 y 60	6	8
50 y 40	7	10

Figura 6.3.3. Tabla 5.2. de la Norma 3.1-IC – Trazado sobre máxima inclinación de la rasante (Ministerio de Fomento, 2016).

Estos datos de inclinación según la normativa española se añaden a la comprobación realizada sobre los acuerdos verticales, lo cual está en la línea de la metodología de trabajo expuesta previamente, ya que se realizarán las comprobaciones de pendientes automáticamente tras cada nueva modificación, evitándose tener que consultar constantemente la tabla de datos de la rasante creada. Se opta por crear un paquete de comprobaciones en el que se recogen los datos de comprobación recopilados hasta el momento, es decir, las comprobaciones de los acuerdos verticales y de la máxima inclinación de las rasantes.

Hay que considerar, otros aspectos de la normativa española en cuanto a la inclinación mínima de la rasante (0,50% en general y 0,20% en casos excepcionales) y la máxima longitud del tramo en pendiente no puede ser superior a 3.000,00 m. El primero de los aspectos mencionados cumple fácilmente considerándolo en el redondeo que se efectuará posteriormente. El segundo de los aspectos aparece implementado en la plantilla española, por lo que tan sólo hay que seleccionarlo y añadirlo al paquete creado. Las comprobaciones realizadas en AutoCAD Civil 3D sobre la rasante son las que se recogen en la Figura 6.3.4.

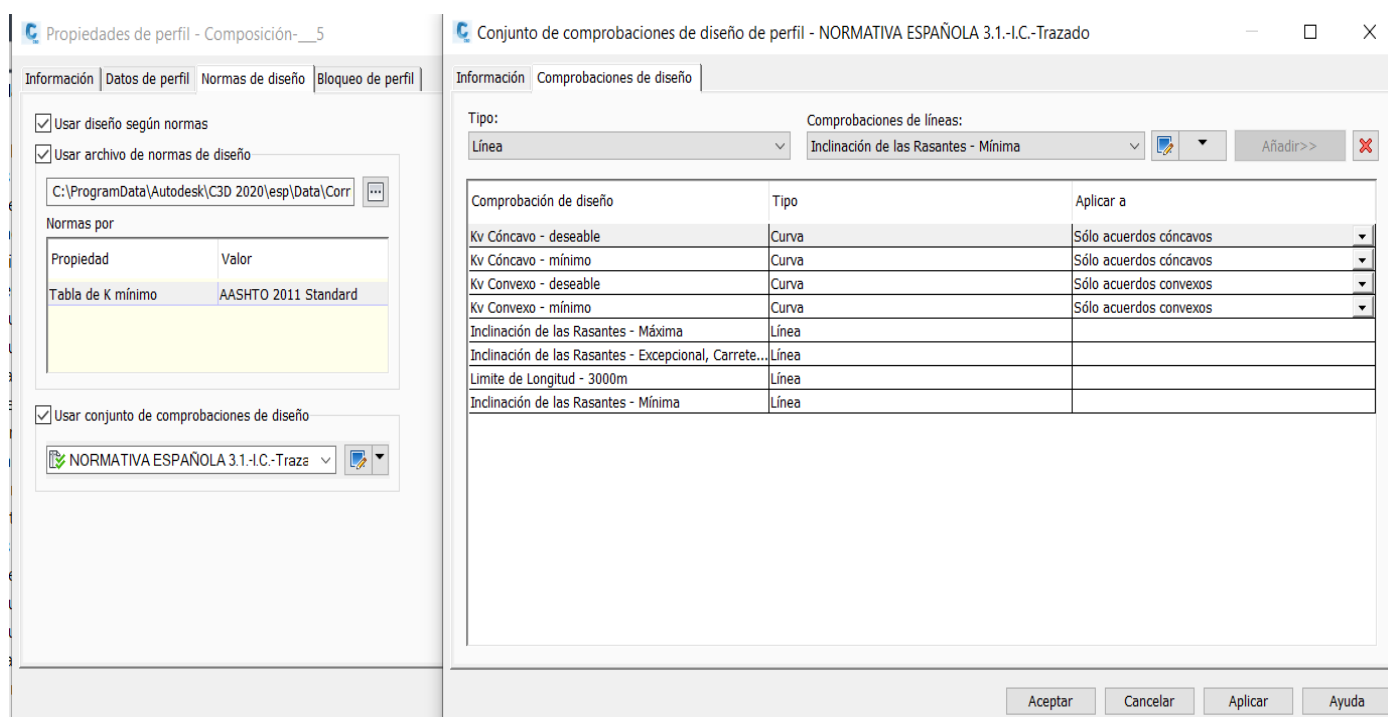


Figura 6.3.4. Comprobaciones de diseño de perfil en AutoCAD Civil 3D.

Tras establecer el marco en el que podrá oscilar las pendientes de la rasante, se procede a redondear las cifras del ajuste de forma manual en la tabla de datos. Cliqueamos con botón derecho sobre la rasante del perfil y en el desplegable seleccionamos “*Editar geometría del perfil...*”, en el menú emergente seleccionamos la opción “*Vista de rejilla del perfil*”. En la ventana emergente podemos editar los valores de las pendientes por tramos.

	Bloquear	P.K. de VAV	Elevación de VAV	Inclinación de rasante T.E.	Inclinación de rasante T.S.	A (Cambio de pendiente)
1		0+000.00m	211.864m		-3.30%	
2		0+125.00m	207.739m	-3.30%	-5.00%	1.70%
3		0+243.04m	201.836m	-5.00%	-6.00%	1.00%
4		0+412.80m	191.651m	-6.00%	-5.00%	1.00%
5		0+549.72m	184.805m	-5.00%	-2.50%	2.50%
6		0+783.13m	178.970m	-2.50%	1.00%	3.50%
7		1+446.31m	185.602m	1.00%	2.10%	1.10%
8		1+627.50m	189.407m	2.10%	3.10%	1.00%
9		1+806.43m	194.953m	3.10%	4.10%	1.00%
10		1+948.20m	200.766m	4.10%	5.30%	1.20%
11		2+114.14m	209.561m	5.30%	6.30%	1.00%
12		2+204.39m	215.247m	6.30%		

Figura 6.3.5. Pendientes redondeadas en los diferentes tramos de la rasante en AutoCAD Civil 3D.

Por último, siguiendo con el diseño en AutoCAD Civil 3D, se define la guitarra de datos con la información relevante que se desee incluir en el perfil longitudinal estudiado. Cliqueamos sobre el perfil, posteriormente botón derecho del ratón y seleccionamos la opción “*Propiedades de visualización del perfil*”, en la ventana emergente pulsamos en la pestaña “*Guitarras*”. En este espacio podrá seleccionarse los criterios usuales en el ámbito español, los básicos de AutoCAD Civil 3D o definir criterios nuevos. Es importante activar las etiquetas de cada estilo seleccionado, establecer el hueco y, sobre todo, seleccionar a qué perfil se refieren.

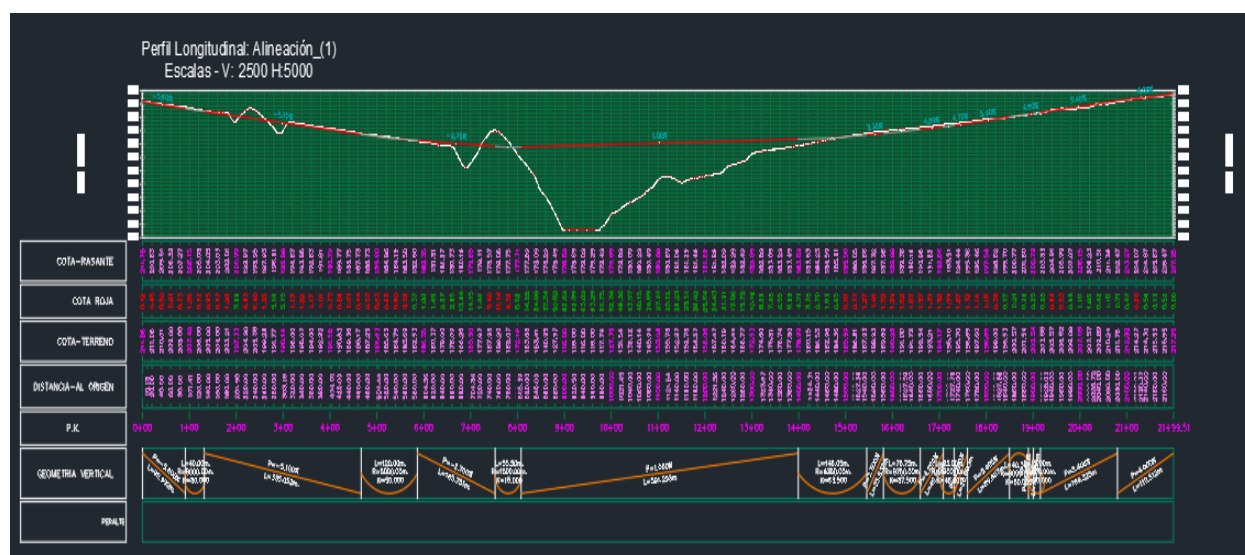


Figura 6.3.6. Perfil longitudinal con guitarra en AutoCAD Civil 3D.

Llegados a este punto carece de sentido hacer el cálculo de volúmenes de desmonte y terraplén, debido a que aún no se ha definido el viaducto o viaductos necesarios en el tramo estudiado. Por tanto, se omitirá esta operación a la espera de resolver los tramos con puentes.

6.4 Sección transversal

Tras realizar la caracterización del perfil longitudinal de la infraestructura viaria, se comienzan a abordar en este punto los aspectos propios de la sección transversal.

Es necesario precisar en este punto que, al no ser objeto del presente trabajo, se han obviado los pertinentes estudios de tráfico que fijarían concretamente estos y otros parámetros. En su lugar, se realiza un análisis somero en la normativa tratando de seleccionar los parámetros con criterio ingenieril, suficientes para el alcance y finalidad del estudio que se está llevando a cabo con este proyecto estudiantil.

En el “*Apartado 7.2. Carriles básicos de la sección transversal tipo*” de la *Norma 3.1-IC – Trazado* del Ministerio de Fomento se ocupa de los carriles básicos de la sección transversal tipo, para carreteras convencionales establece que tendrán un carril para cada sentido de circulación y en ningún caso tendrán calzadas con dos o más carriles por sentido. Las dimensiones de la sección transversal tipo se recogen en la *Figura 6.4.1.*, extraída de la “*Tabla 7.1.*” de la Instrucción de Carreteras del Ministerio de Fomento.

TABLA 7.1.
DIMENSIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL.

CLASE DE CARRETERA	VELOCIDAD DE PROYECTO (V _p) (km/h)	ANCHO (m)				NIVEL DE SERVICIO MÍNIMO EN LA HORA DE PROYECTO DEL AÑO HORIZONTE
		CARRILES	ARCENES		BERMAS (MÍNIMO)	
			INTERIOR / IZQUIERDO	EXTERIOR / DERECHO		
Autopista y autovía	140, 130 y 120	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	C
	110 y 100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
Carretera multicarril	100	3,50	1,00 / 1,50	2,50	1,00	D
	90 y 80	3,50	1,00	2,50	1,00	D
	70 y 60	3,50	0,50 / 1,00	1,50 / 2,50	1,00	E
	50 y 40	3,25 a 3,50	0,50 / 1,00	1,00 / 1,50	0,50	E
Carretera convencional	100	3,50	2,50		1,00	D
	90 y 80	3,50	1,50		1,00	D
	70 y 60	3,50	1,00 / 1,50		0,75	E
	50 y 40	3,00 a 3,50	0,50 / 1,00		0,50	E

Figura 6.4.1. Extracto de la Tabla 7.1. de la Norma 3.1-IC – Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).

Con los datos de la *Figura 6.4.1. extraídos de la “Tabla 7.1.”* de la Instrucción de Carreteras del Ministerio de Fomento, y con una velocidad de proyecto fijada en 40,00 km/h, se seleccionará un ancho de carril de 3,00 m, con arcenes interior y exterior de 0,50 m y bermas de igual dimensión.

En el “*Apartado 7.3.3. Bombeo en recta*” de la Instrucción de Carreteras aborda el bombeo en recta. El bombeo de la plataforma en una alineación se proyecta de modo que se evacúen con facilidad las aguas superficiales y que su recorrido sobre la calzada sea el mínimo. La normativa establece en carreteras de calzada única y con doble sentido de circulación, que la calzada y los arcenes se dispondrán con una misma inclinación transversal mínima $\geq 2,00$ % hacia cada lado a partir del eje de la calzada. Las bermas

se dispondrán con una inclinación transversal del 4,00% hacia el exterior de la plataforma.

Por otro lado, el “*Apartado 7.3.4. Pendientes transversales en curva*” de la *Norma 3.1-IC-Trazado* indica que en curvas circulares y en curvas de acuerdo la pendiente transversal de la calzada y de los arcenes coincidirán con el peralte. Sobre las bermas establece que tendrán una pendiente transversal hacia el exterior de la plataforma no inferior al 4,00%. Cuando el peralte supere el 4,00%, la berma en el lado interior de la curva tendrá una pendiente transversal igual al peralte, manteniéndose el 4,00% hacia el exterior de la plataforma en el lado exterior de la curva.

6.4.1 Sobreancho en curvas

El software permite calcular los sobreanchos en curvas ajustándolos a la normativa asignada, en este caso la Instrucción de Carreteras. Destacar que AutoCAD Civil 3D asocia el sobreancho en las curvas a la alineación estudiada, por lo que no es necesario tener definida previamente la sección para asignar esta característica. La definición de la sección transversal de la infraestructura viaria se tratará posteriormente.

Para la inserción del sobreancho se selecciona la opción de “*Crear desfase de alineación*” en el menú desplegable de “*Alineación*” de la pestaña de “*Inicio*”, en la ventana emergente se ajustan las características a las del proyecto estudiado. Los datos que se introduzcan aquí deben ser coherentes con el proyecto en adelante. En el “*Apartado 7.3.5. Sobreancho en curvas*” de la *Norma 3.1-IC-Trazado* trata los sobreanchos en curvas, y establece que en curvas circulares de radio inferior a 250,00 m, como es el caso, y para vehículos rígidos, el ancho del carril se calculará mediante la fórmula de la Figura 6.4.1.1.

$$3,5 + \frac{l^2}{2 \cdot R}$$

Siendo:

R = Radio de la curva horizontal (m).

l = Longitud del vehículo patrón característico, medida entre su extremo delantero y el eje de las ruedas traseras (m). Salvo casos excepcionales convenientemente justificados, el valor de la longitud del vehículo patrón característico (l) se obtendrá de la Tabla A3.1 (Anexo 3).

Figura 6.4.1.1. Fórmula para el cálculo del sobreancho de curvas circulares de radio menor a 250,00 m y vehículos rígidos de la Norma 3.1-IC – Trazado (Ministerio de Fomento, 2016).

En nuestro caso, estimaremos que el vehículo más desfavorable que transitará por la infraestructura viaria será un autobús rígido, con una longitud de 15,00 m, con una longitud hasta el eje trasero de 11,50 m y una longitud entre ejes de 7,45 m. Esta última longitud es la denominada longitud de batalla. Todos estos valores han sido extraídos de la normativa española concretamente de la “*Tabla A3.1. Dimensiones (m) de los vehículos patrón*” y de la “*Figura A3.2. Autobús rígido patrón*”. La elección de este tipo de vehículo se basa principalmente en la característica turística del enclave estudiado.

Crear desfases de alineación

Alineación origen del desfase: Alineación_(1)

Plantilla de nombre del desfase: <[Nombre de alineación de nivel superior(CP)]>-<[Lado]>-<[]>

Intervalo de P.K.
☒ Desde el principio ☒ Hasta el final
 0+000.00m 2+199.51m

Nº de desfases a la izquierda: 1 Nº de desfases a la derecha: 1

Desfase incremental a la 3.000m Desfase incremental a la 3.000m

General Criterios de ensanchamiento Crear perfil de desfase

☒ Añadir ensanchamiento en curvas

☒ Especificar ensanchamiento por medio de las normas de diseño
 Archivo de normas de diseño de la alineación de nivel superior:
 Civil3D 2019 Norma Instruccion Carreteras.xml

Propiedad	Valor
Anchura de carril normal	3.000m
Número de carriles - Izquierdo	1
Número de carriles - Derecho	1
Longitud de batalla	7.450m

☐ Especificar ensanchamiento manualmente
 Aumento de anchura 1.000m Longitud de transición 20.000m

☒ Usar conjunto de comprobaciones de diseño
 Estándar

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 6.4.1.2. Definición del sobreebanco en curvas en AutoCAD Civil 3D.

Una vez generado dicho desfase, se le asignará las correspondientes comprobaciones de la norma aplicada a cada lado del eje, ya que en la ventana donde se añaden sus características marcamos que se generarán ambos lados del eje estudiado, es decir, “*Sobreebanco izquierdo*” y “*Sobreebanco derecho*”. Dichas comprobaciones se recogen en la *Figura 6.4.1.3*.

Propiedades de alineación - Sobreebanco derecho

Información Control de P.K. Máscara de texto Vértice Edición de restricciones Normas de diseño **Parámetros de desfase**

Velocidades de proyecto

Número	P.K. inicial	Velocidad de ...	Comentario
1	0+000.00m	90 km/h	

☒ Usar diseño según normas

☒ Usar archivo de normas de diseño
 C:\ProgramData\Autodesk\C3D 2020\esp\Data\

Normas por defecto:

Propiedad	Valor
Tabla de radios mínimos	GRUPO3 C. Convenciona...
Tabla de longitudes de t...	2 Carriles C-90 -> C-40
Método de definición de ...	Carretera Plana

☒ Usar conjunto de comprobaciones de diseño
 Criterio sobreebanco

☒ Comprobar tangencia entre elementos

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Figura 6.4.1.3. Definición comprobación del sobreebanco en curvas en AutoCAD Civil 3D.

Por último, se muestra en la *Figura 6.4.1.4.* el resultado de aplicar el sobreancho en el interior de la curva según la *Norma 3.1-IC – Trazado* (Ministerio de Fomento, 2016).

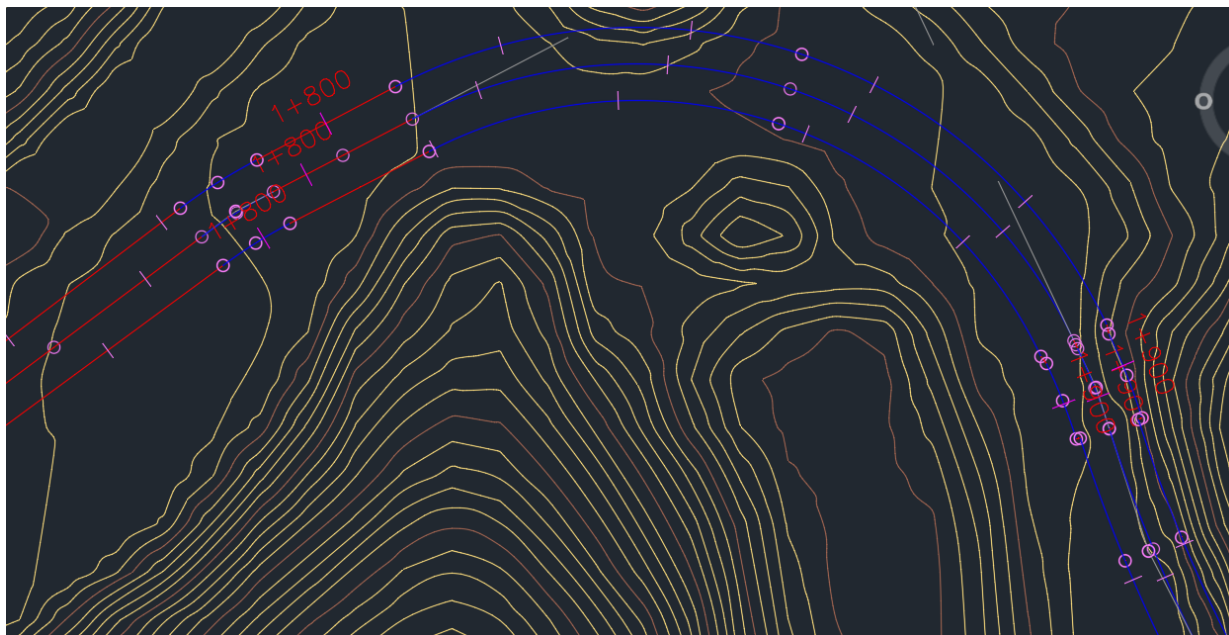
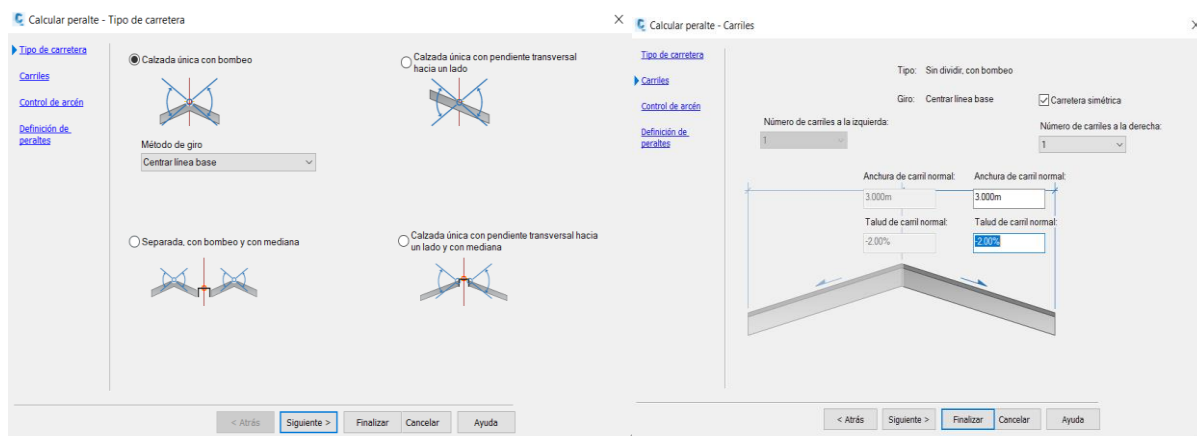


Figura 6.4.1.4.. Sobreancho en AutoCAD Civil 3D.

6.4.2 Peralte

En este punto se realiza el cálculo del peralte, cliqueamos sobre la alineación en el dibujo y en la barra superior de herramientas de la interfaz de AutoCAD Civil 3D, en el borde derecho, seleccionamos la opción “Peralte” y en el desplegable elegimos la opción “Crear/editar peralte”.

Se genera una ventana en la que hay que definir las diferentes características del cálculo, como “Tipo de carretera”, “Carriles”, “Control de arcones” y “Definición de peraltes”. Se escoge la opción de calzada única con bombeo y método de giro centrado en la línea base, carretera simétrica de carril de 3,00 m a cada lado con un 2,00% de pendiente transversal, arcén de 0,50 m y pendiente del 2,00%, y las características para la definición del peralte que se observan en la *Figura 6.4.2.1.* Todo ello basándose en la Instrucción de Carreteras, que establece para este supuesto un peralte del 7,00%. De este modo, el programa calcula el peralte según las características técnicas de la normativa española.



Calcular peralte - Control de arcén

Tipo de carretera
[Carriles](#)
Control de arcén
[Definición de peraltes](#)

Arcenes de mediana interiores

☐ Calcular

Anchura de arcén normal: 1.500m

Talud de arcén normal: -4.00%

Tratamiento de talud de arcén:

Borde bajo: Eliminación diferencia máx. pendiente

Borde alto: Igualar taludes de carriles

☐ Diferencia máxima de pendiente en arcén: 8.00%

Arcenes de borde exteriores

☒ Calcular

Anchura de arcén normal: 0.500m

Talud de arcén normal: -2.00%

Tratamiento de talud de arcén:

Borde bajo: Eliminación diferencia máx. pendiente

Borde alto: Igualar taludes de carriles

☐ Diferencia máxima de pendiente en arcén: 8.00%

< Atrás Siguiente > Finalizar Cancelar Ayuda

Calcular peralte - Definición de peraltes

Tipo de carretera
[Carriles](#)
[Control de arcén](#)
Definición de peraltes

Archivo de normas de diseño: C:\ProgramData\Autodesk\C3D 2020\esp\Data\Corrid

Tabla de peraltes: GRUPO3 C. Convencional y Multicarril C-90 -> C-40 eMax

Tabla de longitudes de transición: 2 Carriles C-90 -> C-40

Método de definición de peraltes: Carretera con Bombeo

Fórmula para transición del peralte

% en tangente para tangente-curva: 70.00%

% en espiral para espiral a curva: 100.00%

Suavizado de curva

☐ Aplicar suavizado de curva Longitud de curva: 20.000m

☒ Resolver solapamiento automáticamente Esta opción sólo se aplica a la alineación completa.

< Atrás Siguiente > Finalizar Cancelar Ayuda

Figura 6.4.2.1. Ventana de cálculo y definición de peraltes en AutoCAD Civil 3D.

6.4.3 Ensamblaje

Definido el sobreancho en curvas y el peralte de la infraestructura lineal, se procede a definir la sección transversal de la vía a diseñar. Cliqueamos en la pestaña de “Inicio” de AutoCAD Civil 3D la opción “Ensamblaje” y en el desplegable seleccionamos “Crear ensamblaje”. En la ventana emergente, debemos marcar el tipo de ensamblaje que se desea, “carretera de calzada única con bombeo”, y otras características del mismo.

Una vez realizados los pasos anteriores, marcados la posición en la que ubicar el eje en la pantalla de dibujo de AutoCAD Civil 3D. Cliqueando con botón izquierdo sobre este eje creado, se selecciona la opción “Paleta de herramientas” del menú de herramientas superior, en la ventana emergente se selecciona la opción “Carril con bombeo” de la pestaña de “Carriles” y se especifican sus características de diseño, Figura 6.4.3.1. Es

parámetros como son: *estilo de obra lineal*, *tipo de línea de base*, *alineación*, *perfil*, *ensamblaje* y *superficie de objetivo*.

Con la creación de la obra lineal se obtiene el desmonte y terraplén que la rasante causa en el terreno por el cual transcurre la alineación.



Figura 6.4.3.3.. Terraplén y desmonte en el encaje de la obra lineal sin tener en cuenta sección viaductos, en AutoCAD Civil 3D.

En la figura anterior se puede observar dos grandes terraplenes, que corresponderían a los dos tramos de viaductos, sobre los que aún no se ha tratado nada. Habría que reajustar los parámetros para optimizar el diseño antes de acometer el siguiente paso.

Hasta aquí habría finalizado el diseño de la obra lineal tras su generación, restando únicamente la definición de los viaductos que se abordará en el punto siguiente.

Por último, una vez ajustados los parámetros en función de los resultados obtenidos durante el proceso, se procede a crear una nueva superficie que englobe al terreno existente y a la obra lineal generada.

Primero cliqueamos con botón derecho sobre la obra lineal generada, y en el menú de seleccionamos la opción “*Superficies de obra lineal*”. En la ventana emergente seleccionamos “*Crear una superficie de obra lineal*”.

Una vez creada la superficie de la obra lineal, en los desplegables superiores seleccionamos “*Tipo de datos*” la opción “*Vínculos*”, y en el desplegable de “*Especificar el código*” la opción “*Superior*”.

Para finalizar la creación de la superficie de la obra lineal, entramos en la pestaña “*Contorno*”, cliqueamos con botón derecho sobre la opción determinada y seleccionamos “*Añadir automáticamente*” y en el desplegable la opción “*Intersección*”.

Con todos estos pasos crearíamos la superficie de la obra lineal generada. Para conseguir la topografía modificada quedaría todavía crear una superficie vacía en la que pegaremos la superficie del emplazamiento con la que hemos trabajado más la superficie de la obra línea generada, ya que hasta ahora han estado desacopladas.

Se define entonces una nueva superficie con el estado final y, posteriormente, se le añadirá la intersección de la superficie base y la generada con la obra lineal. Esto puede realizarse de la siguiente forma, en la pestaña “*Prospector*” del menú lateral de AutoCAD Civil 3D se cliquea sobre la superficie creada, y vacía aún. Entramos en “*Definiciones*” y se cliquea con el botón derecho sobre la opción “*Ediciones*”, seleccionando “*Pegar superficie*”. De entre las disponibles, se añadirán sólo las dos mencionadas en el listado de la ventana emergente. Para evitar la superposición de las curvas de nivel, se asignará a las superficies antiguas el estilo “*Oculto*”, esta opción se encuentra en las propiedades de cada superficie, concretamente, en “*Estilo de superficie*”, para que no aparezcan en el visor del dibujo.

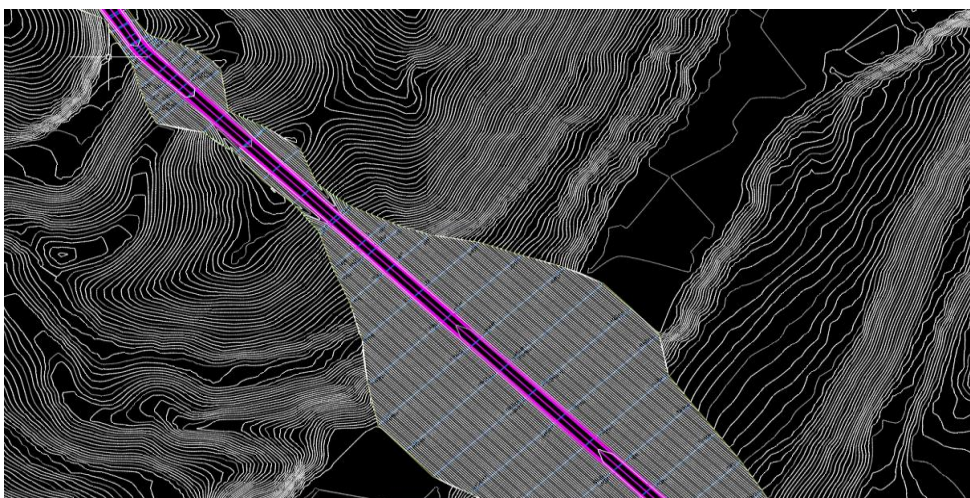


Figura 6.4.3.4. Superficie generada de la suma de la Superficie del emplazamiento y la superficie de la obra lineal, en AutoCAD Civil 3D.

Si se llevarán a cabo nuevos cambios en los parámetros, estos no se traducirían en la nueva superficie creada con el estado final, por lo que habría que realizar de nuevo los pasos comentados previamente.

7 DISEÑO DE VIADUCTO. INFRAWORKS 360

A continuación, se tratará todo lo relacionado con el diseño de los tramos de viaductos, se llevará a cabo con el programa InfraWorks 360 de AutoDesk. Este software presenta muchas ventajas a la hora de visibilizar y representar los resultados de cualquier actuación de obra civil, ubicándola geográficamente.

Estas características junto con la gran parametrización del dibujo obtenida en AutoCAD Civil 3D, se podrá visibilizar de manera sencilla el proyecto sin perder las características anteriores, permitiéndonos continuar con el diseño sin pérdida alguna de información.

7.1 Datos de partida

Tras haber generado la obra lineal con AutoCAD Civil 3D, el siguiente paso es definir los tramos de viaductos. Como ya vimos en la generación de las distintas alternativas, para la creación de los viaductos usaremos el software InfraWorks 360 que presenta entre otras características una gran sencillez a la hora de realizar el proceso, ya que el programa es altamente intuitivo, y, además, le damos continuidad a la metodología planteada en todo el trabajo, trasvasando información entre los dos programas usados.

Con todo esto, se procede a exportar el proyecto de AutoCAD Civil 3D en formato *.imx*. Para ello, se pulsa en la pestaña “Salida” la opción de “Exportar IMX”, se exporta de esta forma y no abriendo directamente el archivo *.dwg* en InfraWorks 360, debido a que sólo estaríamos abriendo las superficies y alineaciones, pero no las características concretas de la vía diseñada en Civil 3D, cosa que mediante el formato *.imx* sí se produciría.

Una vez creado el archivo *.imx* con el que vamos a exportar los datos de AutoCAD Civil 3D a InfraWorks 360, se abre un nuevo modelo de InfraWorks 360 y, tal y como se hizo en la primera parte cuando se crearon las alternativas es necesario indicar el sistema de coordenadas y huso del modelo, seguidamente se carga la información de AutoCAD Civil 3D mediante la opción que presenta el software para importar elementos en el menú “Origen de datos”. Una vez cargado el archivo *.imx*, emergerá una ventana con todos los tipos de elementos que se podrán importar, que en el caso estudiado son superficies (SURFACES) y carreteras (ROADS).

7.2 Definición de viaductos

Tras incluir tanto la superficie como la carretera del proyecto en InfraWorks 360, se llevará a cabo la definición de los tramos de viaducto. El primer requisito es convertir la obra lineal importada en una carretera compuesta. Para realizar esta transformación debemos pulsar sobre la carretera con el botón derecho del ratón y escoger la opción de “Convertir a carretera compuesta” del menú emergente.

Para definir cada tramo de viaducto es necesario clicar con el botón derecho sobre la carretera compuesta y seleccionar la opción “Añadir estructura” del menú emergente, generándose un desplegable en que se podrá escoger entre puente y túnel. Tras seleccionar la opción “Puente”, el programa solicita que se indique el punto inicial y final de la carretera donde se ubicará el viaducto. Destacar, como viene siendo una constante en todo el trabajo, las características de la infraestructura se encuentran parametrizadas, por lo que podrán modificarse a posteriori. Se pueden editar todas sus dimensiones, materiales y otras características, aunque esto no es necesario en este trabajo.

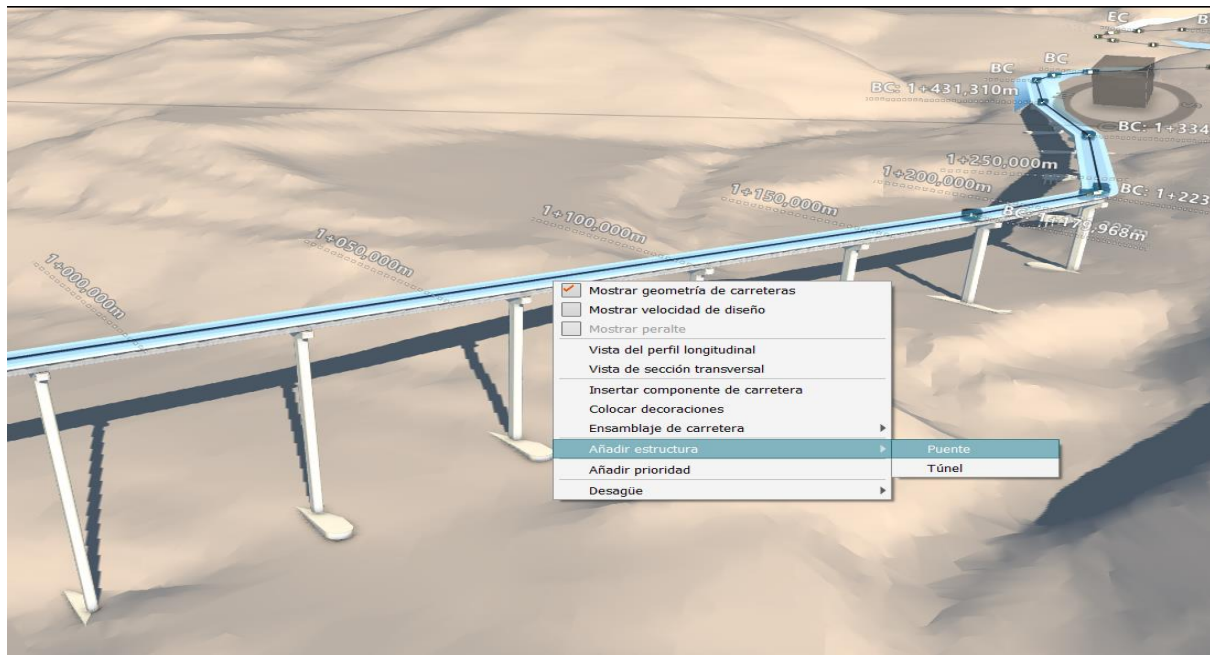


Figura 7.2.1. Definición de viaductos con la opción de Añadir estructura de InfraWorks 360.

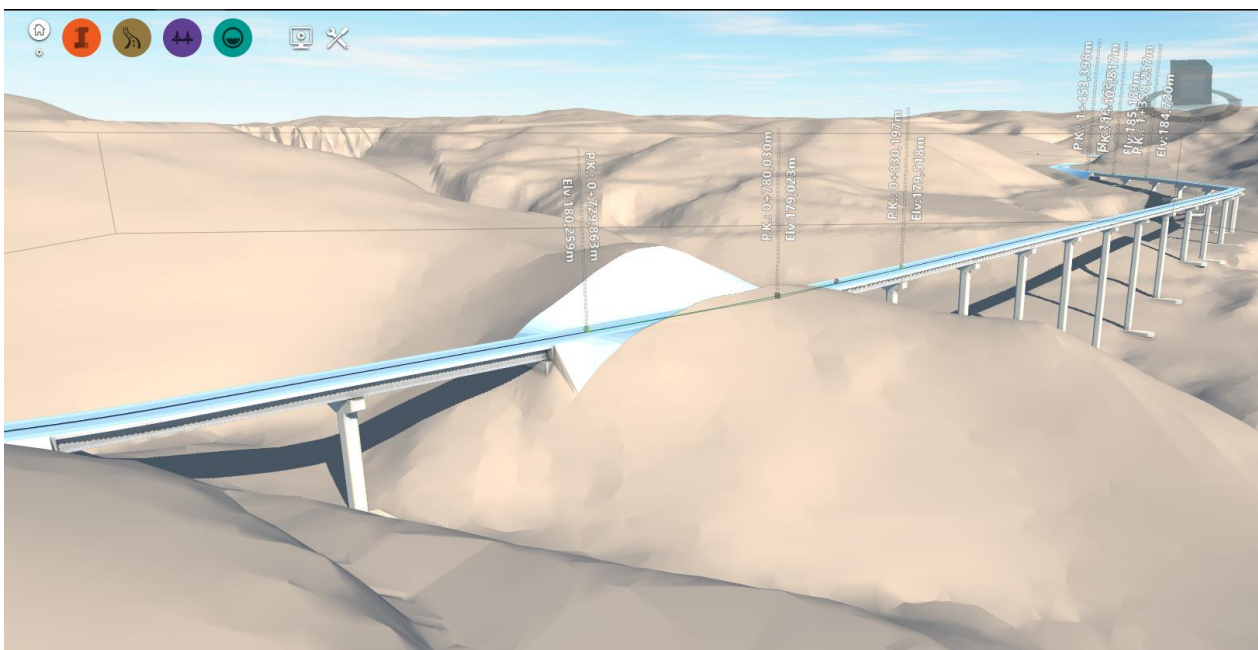


Figura 7.2.2. Vista de la infraestructura desarrollada una vez insertados los tramos con puentes en InfraWorks 360.

Una vez definidos los tramos donde es necesario colocar puentes, en InfraWorks 360 existe la posibilidad de colocar una imagen satélite del emplazamiento del trabajo. Para poder insertarla cliqueamos en el menú superior en “Crear, administrar y analizar el modelo de infraestructura” y seleccionamos la opción “Crear y administrar modelo” y “Origen de datos”, emergerá en el margen derecho un menú en el cual cliqueamos sobre “Añadir origen de datos de base de datos” se generará una ventana dónde elegiremos la opción “Bing Maps” y escogeremos la resolución de la imagen satélite de la ubicación de la cartografía seleccionada, escogeremos la opción *Nivel de mosaico 19 con resolución de suelo de 0.2986m/pxl*.



Figura 7.2.3. Vistas de los trabajos realizados una vez insertada la imagen satélite de la opción Bing Maps en InfraWorks 360.

7.3 Viaductos en AutoCAD Civil 3D

Tras definir los tramos de viaductos en InfraWorks 360, el proyecto se lleva de vuelta a AutoCAD Civil 3D para terminar el proceso con la salida de los planos del trabajo. Esto se lleva a cabo de la misma forma que en puntos anteriores, realizando un trasvase de datos de InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D, abrimos desde

Civil 3D el archivo *.sqlite*, para poder llegar a este paso debemos de estar en la pestaña de “*Salida*”, y una vez en ésta, seleccionamos la opción de “*Infraworks*”.

Una vez seguidos todos estos puntos y seleccionado “*InfraWorks*” surgirá una ventana emergente en el cuál debemos seleccionar el archivo *.sqlite* correspondiente a nuestro proyecto e ir seleccionando los elementos que deseamos incorporar a nuestro trabajo en AutoCAD Civil 3D, es decir, los puentes y la superficie propuesta generada. También existe la posibilidad de importar los datos de InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D en formato *.imx*, pero en este caso no podríamos filtrar los elementos a introducir en nuestro trabajo de Civil 3D.

En el apartado 7.1. *Datos de partida* vimos que era necesario exportar los datos de AutoCAD Civil 3D a InfraWorks 360 en formato *.imx*, ya que en formato *.dwg* sólo se cargan superficies y alineaciones, perdiendo gran cantidad de datos sin trasvasar. En este paso ya se pudo notar una pequeña anomalía en el proceso BIM referente al intercambio de datos entre ambos programas, pero no tiene mucha importancia ya que únicamente solo influye el formato en la información que queremos refinar para su estudio en InfraWorks 360 desde AutoCAD Civil 3D, por lo que este hecho no tiene gran relevancia pero sí llama la atención que, pese a trabajar en un entorno BIM, la intercambiabilidad de datos puede tener restricciones.

Se procede, entonces, a la incorporación de los elementos de interés desde InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D. En este paso, se evidencia, ya de forma clara, el primer gran error en el traspaso de datos de un software a otro: los puentes, a excepción de pilares, cimentación y estribos, aparecen como elementos de tipo malla y no como sólidos tridimensionales; esto se debe a las limitaciones de ambos programas en el trasvase de datos a las que se hace referencia. En el historial de comandos, se refleja que durante la importación no se ha realizado la conversión debido a que las mallas estaban abiertas.

En *Autodesk Knowledge Network* (<https://knowledge.autodesk.com/>) viene reflejado el fallo comentado en el párrafo anterior e indicando como causas de los mismos las limitaciones de las versiones de los programas. Autodesk Support propone la edición manual de las mallas en el módulo de Modelado 3D para solucionar estos problemas. La inviabilidad de la solución propuesta por Autodesk es inmediata, ya que editar individualmente cada elemento de tipo malla para su conversión a sólido requiere un coste altísimo. Además, esta solución contraponen la metodología defendida durante el trabajo, por lo que con todo lo anterior bastaría para desecharla. Pese a ello, en un intento de convertir a sólido las mallas cerrando huecos, los elementos no pueden convertirse al poseer pliegues o intersecciones.

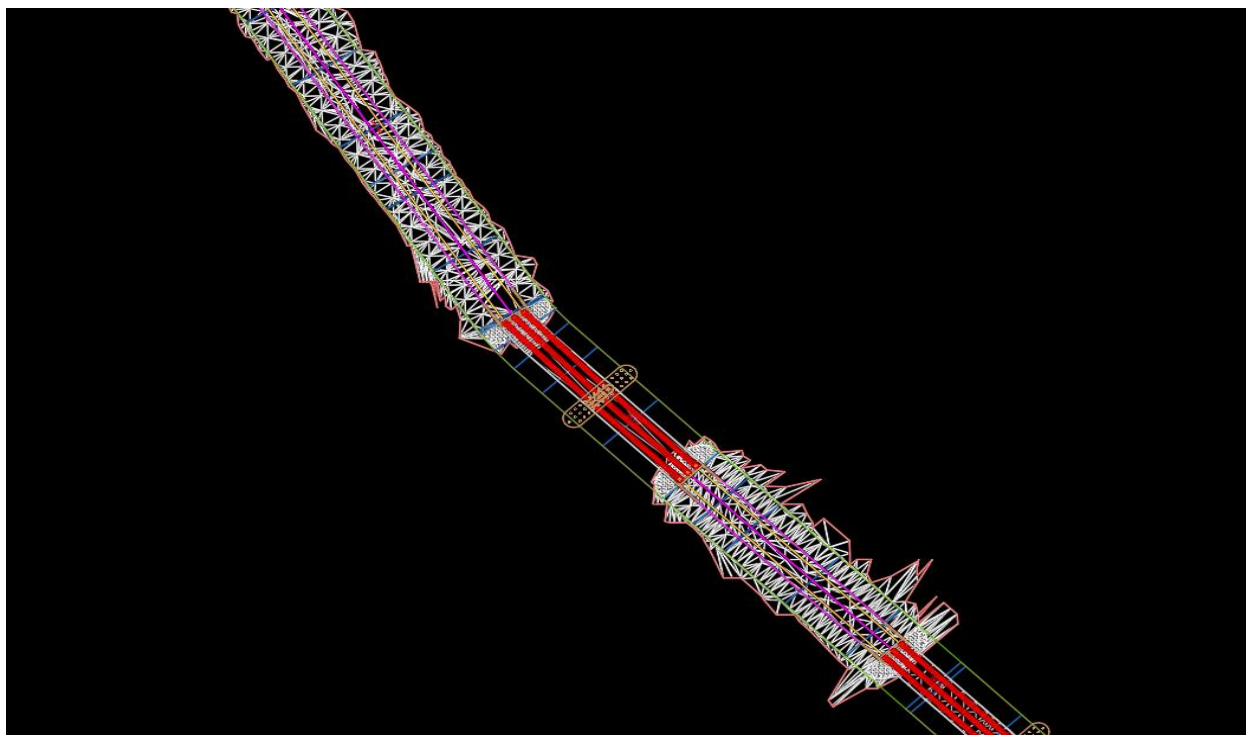


Figura 7.3.1. Vistas en planta de las vigas de los viaductos no convertida en sólido tridimensional y con multitud de caras, en AutoCAD Civil 3D.



Figura 7.3.2. Vistas en 3D de los viaductos en AutoCAD Civil 3D.

En definitiva, todo ello conlleva a que la metodología usada, que había funcionado hasta tratar los viaductos, no es operativa en un proyecto con las características tan peculiares como el desarrollado. Esto quiere decir que, de no contener viaductos el proyecto, los errores debidos a las limitaciones de los programas no se habrían puesto de manifiesto y se podría haber continuado con normalidad el trabajo.

El problema generado que tiene el que parte de los elementos estructurales de los puentes de InfraWorks 360 no se conviertan a sólido una vez pasada la información a AutoCAD Civil 3D se concentra en los planos del proyecto. Es decir, al no ser objetos sólidos tridimensionales, las vigas, tableros y apoyos de los puentes no pueden proyectarse en las vistas de las secciones transversales ni del perfil longitudinal del trabajo, por lo que los planos no quedarían completos.

El problema vinculado a los puentes, comentado, se podría haber evitado con el uso de *Bridge Modeler*, el módulo de puentes de Autodesk (sin versiones gratuitas), que diseña dentro de AutoCAD Civil 3D la sección y los elementos del puente, pero ello quedaría fuera de la metodología seguida en el presente documento.

Como punto intermedio habría sido el aplicar un ensamblaje de tipo puente a los tramos correspondientes de la obra lineal antes de llevar los datos del trazado de AutoCAD Civil 3D a InfraWorks 360, pero, encarecería los costes al perder la sencillez potencial que debería tener la metodología de trabajos BIM. Además, en esta última propuesta, no se estaría implementando ni los soportes del puente ni los estribos, así como tampoco los conos de derrame, siendo necesario indicar expresamente un *gap* bajo la obra lineal en los tramos de viaductos para que AutoCAD Civil 3D no coloque un soporte bajo él. En definitiva, se perderían las características intuitivas y la sencillez en el diseño de la infraestructura.

Junto a la imposibilidad de convertir a sólidos tridimensionales todos los elementos del puente, siendo la más perjudicial, se une otra deficiencia en el traspaso de datos de InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D como es la pérdida de información en la sección transversal de la vía. Al importar desde InfraWorks 360 la obra lineal junto con los viaductos y la superficie generada aparece un nuevo ensamblaje asociado a la primera, que en el caso que se trata nada tiene que ver con la diseñada en primera instancia. La sección transversal ha perdido sus características iniciales introducidas como son capas, inclinación, grosores, arcones..., ya que al llevarla a InfraWorks 360, el programa ha traducido la sección de AutoCAD Civil 3D y la ha adaptado a una propia, teniendo un resultado superficial similar, válido de cara a la visualización, pero con una gran pérdida de información interna que perjudica e inhabilita la posibilidad de llevar a cabo posteriores ediciones de mayor profundidad.

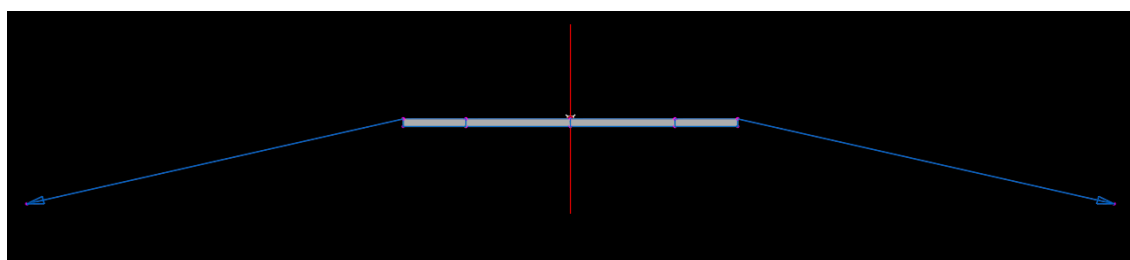


Figura 7.3.3. Ensamblaje de la infraestructura importada de InfraWorks 360 a AutoCAD Civil 3D.

En definitiva, con todo lo expuesto anteriormente, se puede concluir que el trasvase del proyecto de AutoCAD Civil 3D a InfraWorks 360 sólo debe hacerse cuando esté totalmente definido en el primero, debido a que en el intercambio de datos de un programa a otro se pierde información del ensamblaje de la obra lineal.

Una vez realizada las comprobaciones anteriores, en el estudio presente se actuará de la siguiente forma.

En primer lugar, tras la definición de los viaductos en InfraWorks 360, se dará por concluida la edición en este programa, a falta únicamente de pequeños detalles para la presentación final con el recorrido virtual.

Respecto a AutoCAD Civil 3D, se incorporarán los puentes desde InfraWorks 360 y se eliminarán los elementos mallados que no se han convertido en sólidos tridimensionales, es decir, se aprovecharán los pilares, los estribos y la cimentación, que no están disponibles con los ensamblajes de AutoCAD Civil 3D. Se establecerá una sección del puente con los ensamblajes de AutoCAD Civil 3D y se impondrá el *gap* correspondiente para que no contabilice terreno bajo éstas en el cálculo de volúmenes. Por lo que se procede al montaje de vistas y perfiles y a la salida del proyecto mediante planos.

A continuación, se hará uso de la herramienta de “*Crear ensamblaje*” de la pestaña de “*Inicio*” de AutoCAD Civil 3D para establecer la sección de los tramos de viaductos. Una vez seleccionada esta herramienta emergerá una ventana, se escogerá como tipo de ensamblaje la opción “*Otro*” (ya que no aparece la opción adecuada) y otras características como el estilo de ensamblaje, estilo de conjunto de código y la capa de ensamblaje en la que se guardarán los elementos creados. Tras rellenar los campos de la ventana emergente, cliqueamos con botón izquierdo para ubicar el eje del ensamblaje a crear. Cliqueando con botón izquierdo sobre el eje, se pulsa en el menú superior en la opción “*Paleta de herramientas*”. Aparecerá la paleta de ensamblajes, donde se escoge la opción “*Puentes de vigas 1*” de la pestaña “*Puentes*” y se especifican sus dimensiones. Se ajustará el ancho de acuerdo con el de la vía, y el resto de los parámetros de la sección de la viga se establecerá con criterio ingenieril, de forma que haya coherencia con el resultado. Asimismo, se disponen sobre la sección de la viga del viaducto ensamblajes para una capa de rodadura y arcnos, de forma adicional y con las mismas características que las de la obra lineal generada, pero en este caso seleccionaremos la opción “*Carril con peralte exterior*” de la “*Paleta de herramientas*” debido a que es la sección que nos permite editar sus propiedades para poder continuar el peralte en curvas al compás de la sección de viaducto creada.

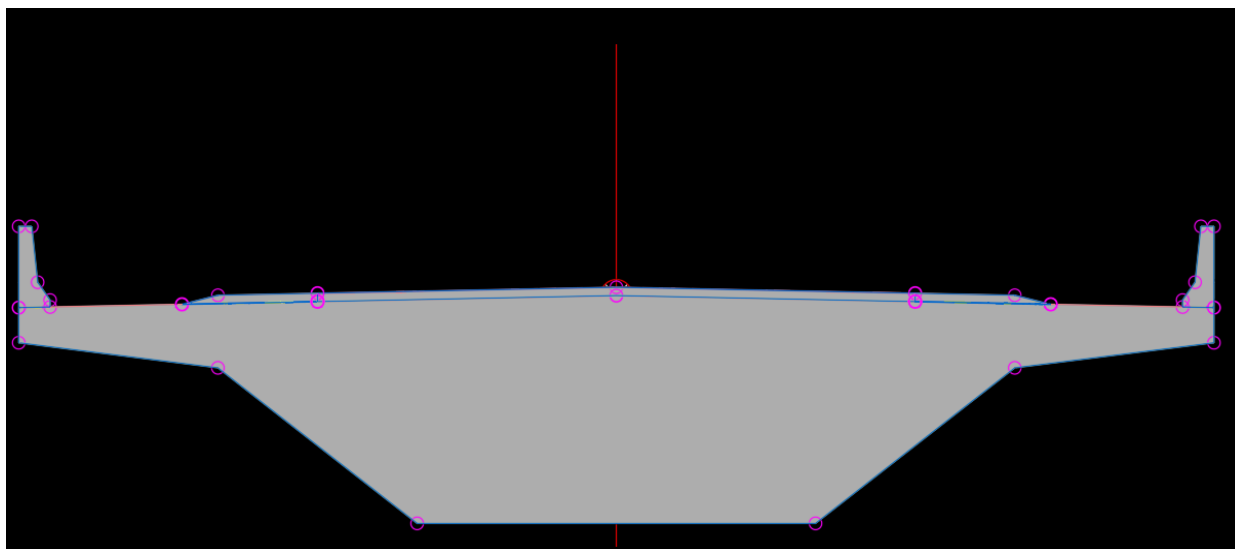


Figura 7.3.4. Ensamblaje Puente de Vigas1 con carril con bombeo y arcén en AutoCAD Civil 3D.

Una vez creado el ensamblaje de los viaductos, se procede a asignar esta sección a la obra lineal, en la cual habrá que realizar una serie de modificaciones. Concretamente, hay que dividirla para así establecer los diferentes tramos de carretera y de puentes. Esto se lleva a cabo seleccionando la obra lineal creada en puntos anteriores y, posteriormente, cliqueando con botón izquierdo en el menú superior en la opción “*Propiedades de la obra lineal*”. Seguidamente, en la ventana emergente se selecciona la opción “*Parámetros*” y se crean

los tramos en cuestión pulsando con botón derecho del ratón sobre la línea base existente y seleccionando “Añadir región” en el menú emergente tras pulsar. Dichas regiones habrán de ser editadas, especificando su nombre, tipo de ensamblaje, los puntos kilométricos de inicio y final de tramo y la frecuencia, respecto a esta última opción destacar que se fija una frecuencia de 20,00 m en los tramos rectos y de 5,00 m en curvas y espirales para afinar la superficie de la obra lineal. Tras realizar la edición comentada, se regenera la obra lineal.

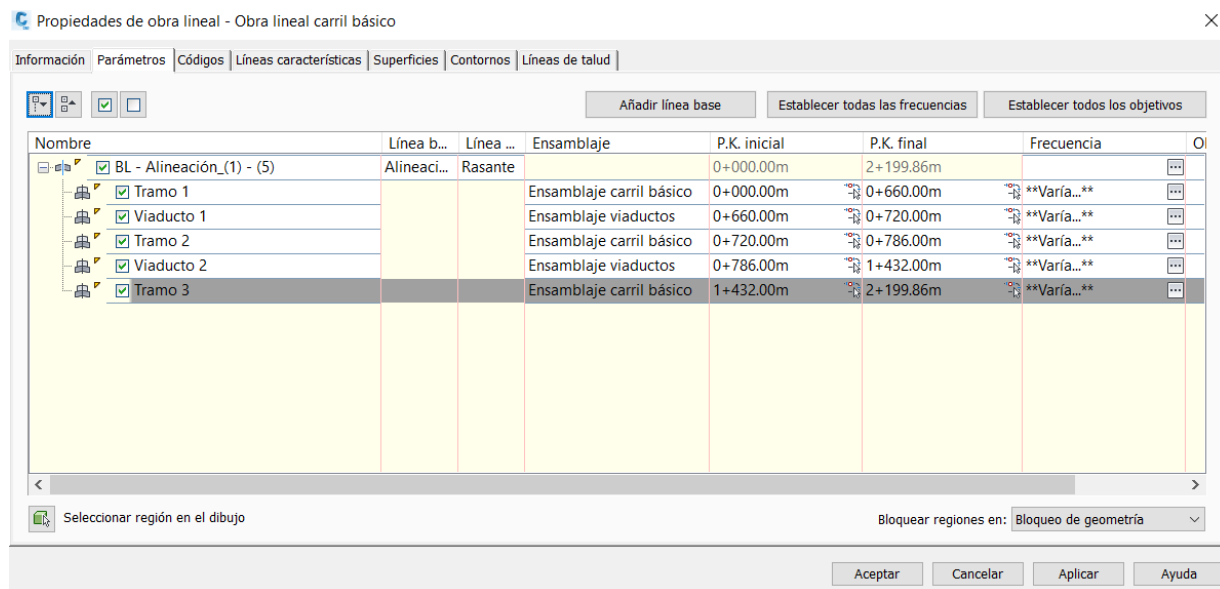


Figura 7.3.5. Propiedades de obra línea, inserción de ensamblajes según PK en AutoCAD Civil 3D.

Una vez añadidas las distintas regiones definidas por cada ensamblaje correspondiente en función de los PK diferenciando entre ensamblajes de carril básico y de viaducto, es necesario definir los objetivos para cada tramo para que al regenerar la obra lineal realice los movimientos de tierras correspondientes en función de dichos tramos editados. Cliqueamos con botón izquierdo sobre la obra lineal generada tras añadir las distintas regiones, y en el menú superior seleccionamos la opción “Editar objetivos”, generándose una ventana en la cual debemos marcar en cada tramo en la columna “Nombre de objeto” la superficie del terreno base del emplazamiento.

Para afinar la superficie de la obra lineal, seleccionamos la obra lineal y en el menú superior cliqueamos sobre “Superficie de la obra lineal”. En el menú desplegable entramos en la pestaña “Contornos” para añadir nuevos contornos referidos al puente y no aparezcan curvas de nivel sobre la obra lineal del viaducto, ya que en los tramos de viaductos no hay movimientos de tierra en sí. Cliqueando con botón derecho sobre el nombre de la obra lineal en la pestaña “Contornos”, seleccionamos “Añadir automáticamente” y en el desplegable “BordeLosa”. En la opción creada escogemos ocultar “Contorno exterior” y marcamos los PK correspondientes. Esta operación la realizamos dos veces para los dos viaductos propuestos.

Con todo lo expuesto, y especificadas todas las medidas que palien de alguna forma la limitación del software que impidió trasvasar las secciones de la obra lineal y los viaductos desde InfraWorks 360, ya estaría completa y redefinida la obra lineal con un mínimo de sus características exigibles, desde el punto de vista cualitativo. Se considera ya todo a punto para proceder a la salida gráfica del modelo mediante planos, estos se abordarán en el capítulo siguiente.

8 SALIDAS GRÁFICAS

En este apartado se desarrollará todo lo concerniente a la salida gráfica del modelo de obra lineal desarrollado, carretera con viaducto. Se mostrará cómo obtener la documentación gráfica del mismo, es decir, los planos de proyecto de obra civil. AutoCAD Civil 3D tiene implementadas algunas funcionalidades concretas para la obtención de las salidas gráficas, de manera que pueda ser un trabajo menos tedioso y más sencillo, facilitando la obtención de la información buscada.

También se desarrollará la obtención de un recorrido virtual con el programa InfraWorks 360, obteniendo un producto audiovisual que posibilite recorrer la obra lineal, generando como se mostrará a posteriori un producto bastante llamativo.

8.1 Planos. AutoCAD Civil 3D

Los planos constituyen una parte indispensable y fundamental en los proyectos, forman parte de los documentos contractuales, y describen gráficamente todos los elementos de la obra proyectada y su proceso constructivo, en estos se indican con precisión el diseño, ubicación dimensiones y las relaciones de los elementos con el resto del proyecto. En ellos debe quedar reflejado todo aquello que se pueda justificar gráficamente siguiendo todos y cada uno de los criterios y condicionantes de la obra a desarrollar, sirviendo además para medirla.

En primer lugar, marcar que no se elaborarán todos los planos que la normativa exige para un proyecto de carretera, dado que se han obviado ciertos cálculos y se han establecido suposiciones, siempre dentro del criterio ingenieril, para centrar la atención sólo en el ámbito del diseño. En definitiva, se ha pasado por alto gran cantidad de información que no podrá quedar reflejada en los planos del trabajo.

En definitiva, lo que se verá será cómo realizar planos en AutoCAD Civil 3D, y para ello se usarán los planos característicos de las obras lineales: plano de planta, perfil longitudinal y perfiles transversales. Además, se incluirá un plano de detalle constructivo de las secciones transversales que se han incluido en la obra lineal y dos planos que servirán para ubicar las obras, un plano donde se recogerá la traza estudiada sobre una ortofoto del emplazamiento de las obras y otro de situación geográfica. En la tabla de a continuación, se recoge la relación de planos que se incluyen en el trabajo con sus respectivas escalas en metros.

Tabla 8.1.1. Planos de estudio con sus correspondientes escalas en metros.

Plano	Escala
Plano 1. Situación	1:10.000.000 y 1:250.000
Plano 2. Trazas sobre ortofoto	1:5.000
Plano 3. Planta: Desglose de minutas	1:5.000
Plano 4. Planta y perfiles longitudinales	1:1.000; EH: 1:1.000 y EV: 1:1.000
Plano 5. Perfiles transversales	1:1.000
Plano 6. Secciones transversales tipo	1:50

8.1.1 Plantilla y cajetín

Antes de iniciar la elaboración de los planos a exportar del estudio realizado, es necesario definir el espacio de trabajo que servirá de base para los distintos planos del proyecto.

En primer lugar, abrimos un nuevo dibujo del software AutoCAD Civil 3D, y una vez en él, en el borde inferior izquierdo de la pantalla seleccionamos la pestaña de “*Presentación*”. Tras abrir esta pestaña, en el menú superior cliqueamos sobre la opción “*Configuración de página*”. En este menú emergente es necesario marcar el formato de papel de trabajo a utilizar y sus características.

Tras haber fijado el formato y características del papel de trabajo, nos disponemos a diseñar el cajetín. Previamente, se elaboraron con el programa ArcGIS algunos planos de información del emplazamiento de las obras, por lo que crearemos un cajetín similar que al de los planos creados y basados en los cajetines tipo del departamento de los tutores del presente trabajo. El cajetín, no es más que la zona del plano que recoge la información identitaria del plano.

	UNIVERSIDAD DE SEVILLA - ETSI Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos		TRABAJO FIN DE MÁSTER Autor: Jaime Rincón Pache	Título: DISEÑO GEOMÉTRICO DE UN TRAMO DE CARRETERA CON VIADUCTO Emplazamiento: EX-117, Alcántara (Cáceres)	Escala: 1/10.000.000 1/100.000 mayo 2020	Plano: UBICACIÓN Formato original A2 UNE	00 P.00 Hoja 1 de 1
--	--	--	--	---	---	--	------------------------

Figura 8.1.1.1. Modelo de cajetín de los planos creados en AutoCAD Civil 3D.

Una vez definido el espacio de trabajo en el que se insertará la información que constituye a cada plano, faltaría establecer las ventanas gráficas mediante las que se mostrarán aquellas partes del modelo que se traten en cada plano en cuestión. Para crear ventanas gráficas, estando dentro de la pestaña presentación, en el menú superior tenemos la opción de insertar ventanas “*Rectangulares*”, “*Delimitar*” o incluso poligonal. A continuación, se dibuja la ventana en función de la opción escogida en el diseño de las mismas. Si cliqueamos con botón derecho sobre la ventana gráfica creada y seleccionamos la opción de “*Propiedades*” del menú desplegable podemos establecer la escala que se precise, así como la tipología de objetos que se quiere mostrar en ella. Destacar que para la creación de la plantilla de planos en los que vendrán recogida la información de planta y perfil longitudinal es necesario marcar en las propiedades de las dos ventanas gráficas, en este caso, que la ventana superior será de tipo “*Planta*” y la inferior para “*Perfil*”.

Indicar que cualquier cambio que se haga en la pestaña de “*Presentación*” sobre la información que muestran las ventanas gráficas se trasladará a la pestaña “*Modelo*”. Por ello, una vez se crean los planos y se aparecen los objetos representados en las ventanas, estas deben aparecer como bloqueadas para evitar que se produzcan cambios no intencionados, es decir, para poder realizar algún cambio sería necesario desbloquearlas de nuevo.

Por último, tras haber creado la plantilla tipo, se generarán tantas copias de esta plantilla como planos queramos extraer al final del estudio realizado en AutoCAD Civil 3D, únicamente sería necesario en cada plano en concreto editar si fuese necesario las ventanas gráficas y escalas de las mismas.

8.1.2 Plano de planta y perfil longitudinal

Uno de los planos más característicos de las obras lineales es el plano de planta de trazado y perfil longitudinal del mismo. Se representan conjuntamente y asociadas entre sí ambas vistas a lo largo de la traza estudiada. Sin embargo, debido a la extensión normalmente estudiadas en proyectos viarios es práctico representar las obras lineales en más de una hoja, por lo que se divide el plano en cuestión en varias consecutivas, de forma que, hoja a hoja, se vaya recorriendo todo el trazado generado de la infraestructura lineal proyectada.

Antes de generar las minutas, en el perfil creado en el punto 6.3. *Perfil longitudinal*, se editarán los estilos de los datos que queremos que se muestren en la guitarra. Para realizar esta edición de estilo de cada campo de datos, cliqueamos con botón izquierdo y seguidamente con botón derecho del ratón y, a continuación, seleccionamos en el desplegable “*Editar estilo de guitarra...*”. Posteriormente, una vez cambiados los estilos de los datos recogidos en guitarra, seleccionamos el perfil y entramos en “*Propiedades de visualización de perfil*”, en la ventana emergente, entramos en la pestaña “*Guitarras*” y encontraremos los datos mostrados en la misma y en la parte inferior de esta ventana cliqueamos sobre “*Guardar como conjunto de guitarra...*”. De

esta forma, guardamos el conjunto de guitarra para su uso posterior.

En primer lugar, es necesario crear las divisiones que tendrá la traza para poder ser representada en tramos en distintos planos. Esto se lleva a cabo mediante la definición de las minutas, que son el conjunto de áreas concretas en las que se representarán conjuntamente la obra lineal en planta con su correspondiente perfil longitudinal. Para crear estas minutas, pinchamos en la parte superior de las herramientas de AutoCAD Civil 3D en la pestaña “*Salida*”, cliqueando sobre la opción “*Crear marcos de visualización*” se abrirá una ventana emergente donde se podrán editar sus características, desde la alineación sobre la que se crearán hasta el tipo de guitarra que se le asignará, que como hemos visto en el párrafo anterior, se utilizará una guitarra ya guardada, pasando por las líneas de solape.

Destacar, que, a diferencia de situaciones anteriores desarrolladas en el trabajo, en este caso no podrán editarse posteriormente algunas propiedades del grupo de minutas, tales como tipo de guitarra, estilo de visualización o características de las líneas de solape. Si podrán editarse algo de esto de manera manual e individualmente sobre cada plano, pero generándose pérdida de uniformidad y de versatilidad en cuanto a la parametrización de la herramienta utilizada.

Es necesario asignar un plano base o plantilla para la creación del grupo de minutas. En gran parte reside aquí la importancia de crear previamente la plantilla de los planos, para que cuando se tengan que establecer las divisiones en hojas de cada tipología de plano, tener un criterio dimensional (formato, dimensión y escala de la ventana o ventanas gráficas utilizadas). Por lo que el programa solo reconocerá plantillas para planos de planta y perfil longitudinal si se ha asignado con anterioridad el tipo de ventana gráfica en sus propiedades.

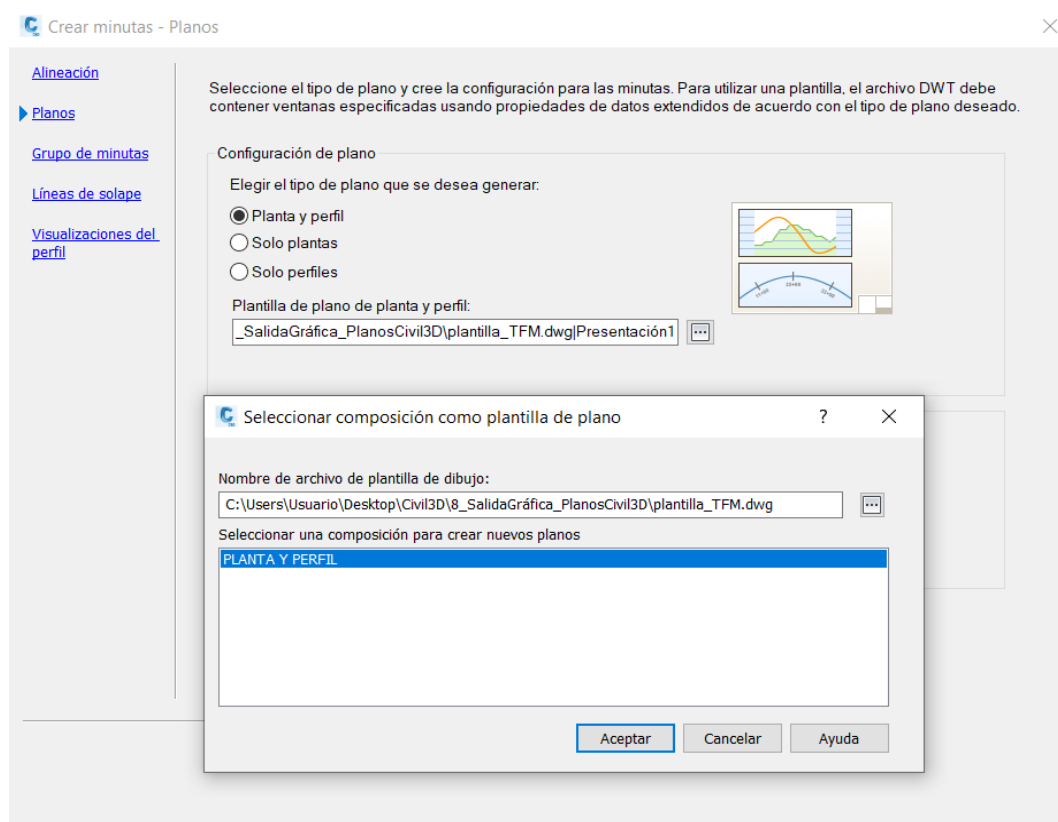


Figura 8.1.2.1. Selección de plantilla creada para el grupo de minutas en AutoCAD Civil 3D.

Entonces, solo queda crear los planos propiamente dichos. En la pestaña “*Salida*” del menú superior de AutoCAD Civil 3D se selecciona la opción “*Crear planos*”, dando lugar a una ventana emergente donde se podrán establecer las características concretas de los planos de planta y perfil longitudinal en base al grupo de minutas que se le asigne. Como se comentó previamente, una vez creados estos planos, se podrán editar cada uno de ellos en caso de que fuese necesario ajustar cualquier tipo de detalle.

8.1.3 Plano de perfiles transversales

Para la generación de los planos de perfiles transversales no es necesario definir minutas como en el caso de los planos de planta y perfil longitudinal, pero si habrá que establecer los lugares precisos a lo largo de la traza donde se desea tomar muestra del perfil transversal de la obra lineal y su entorno, por lo que crearemos líneas de muestreo a lo largo del trazado.

Dentro de la pestaña de “Inicio” del menú superior de AutoCAD Civil 3D cliqueamos sobre la opción “*Líneas de muestreo*”, solicitando el programa que se señale la alineación sobre la que realizarlas. Una vez seleccionada la alineación, surgirá una ventana emergente para el análisis de muestreo, seleccionamos como método de creación por intervalos de PK.

Una vez seleccionada esta opción de creación emergerá una ventana en la cual definiremos como anchura de franja izquierda 40,00 m y de franja derecha 20,00 m ya que en la zona final del trazado el desmonte es importante sobre el lado izquierdo y realizaremos un incremento de muestreo cada 20,00 m en todo el recorrido del proyecto.

Crear líneas de muestreo - Por intervalo de P.K.

Propiedad	Valor
General	
Alineación	Alineación_(1)
Intervalo de P.K.	
Desde inicio de la alineación	Verdadero
P.K. inicial	0+000.00m
Hasta el final de la alineación	Verdadero
P.K. final	2+199.86m
Anchura de franja izquierda	
Forzar cursor a alineación	Falso
Alineación	Alineación_(1)
Anchura	40.000m
Anchura de franja derecha	
Forzar cursor a alineación	Falso
Alineación	Alineación_(1)
Anchura	20.000m
Incrementos de muestreo	
Utilizar incrementos de muestreo	Verdadero
Incrementar respecto a	P.K. absoluto
Incremento en tangentes	20.000m
Incremento en curvas	20.000m
Incremento en espirales	20.000m
Controles de muestra adicionales	
Al inicio del intervalo	Falso
Al final del intervalo	Falso
En puntos de geometría horizontal	Falso
En P.K. críticos de peralte	Falso

Aceptar Cancelar Ayuda

Figura 8.1.3.1. Características de las líneas de muestreo en AutoCAD Civil 3D.

Tras realizar todos los pasos anteriores, se habrán creado el grupo de líneas de muestreo según las características marcadas en la *Figura 8.1.3.1*.

Para la creación de las vistas de los perfiles transversales del grupo de líneas de muestreo creadas, en el menú superior de AutoCAD Civil 3D en la pestaña de “Inicio” seleccionamos la opción “*Vistas en sección*” y en el desplegable “*Crear varias vistas*”, se generará una ventana en la que marcaremos las características y estilos que queremos de los perfiles transversales, así como la plantilla de transversales creada.

Cuando hayamos seleccionados todas las características de las distintas opciones marcadas en el menú de creación de perfiles transversales general, cliqueamos sobre “*Crear vistas en sección*” y marcaremos sobre la hoja de dibujo de AutoCAD Civil 3D dónde queremos insertar dichas vistas de los perfiles transversales con la limitación de la plantilla de estos planos.

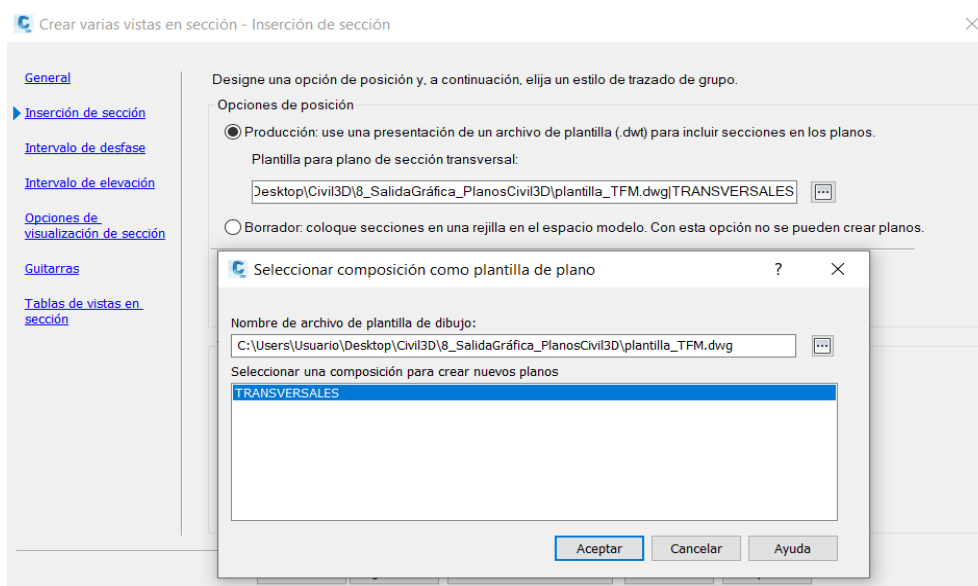


Figura 8.1.3.2. Ventana de creación de vistas de perfiles transversales en AutoCAD Civil 3D.

Para proceder a la edición de estilo de la información mostrada en las vistas de los perfiles transversales, seleccionamos una de las vistas creadas y en la pestaña de “*Información*” de la ventana emergente procedemos a editar estilo de objeto. Una vez editados los estilos, es necesario clicar en el menú superior sobre la opción de “*Actualizar composición de grupo*”.

Por último, respecto al *gap* para el cálculo de volúmenes, se procede de la siguiente manera. Una vez generado las líneas de muestreo para los perfiles transversales de la obra lineal, se clikea con botón derecho sobre las que pertenecen a los tramos del viaducto y se selecciona la opción “*Propiedades de grupo de línea de muestreo*”. Posteriormente, entrando en la pestaña “*Lista de materiales*” del menú emergente se define el criterio para el cálculo en cuestión mediante la opción de “*Añadir material nuevo*” con las características que correspondan. En concreto, la última de las opciones, “*Hueco*”, permitirá añadir el *gap* entre los puntos kilométricos determinados, es decir, los PK de inicio y final de los tramos de viaductos, para que no se contabilice material alguno bajo esas regiones de la obra lineal y así no se distorsione el cálculo de volúmenes del proyecto como se verá en el *Anexo 2. Cubicaciones*.

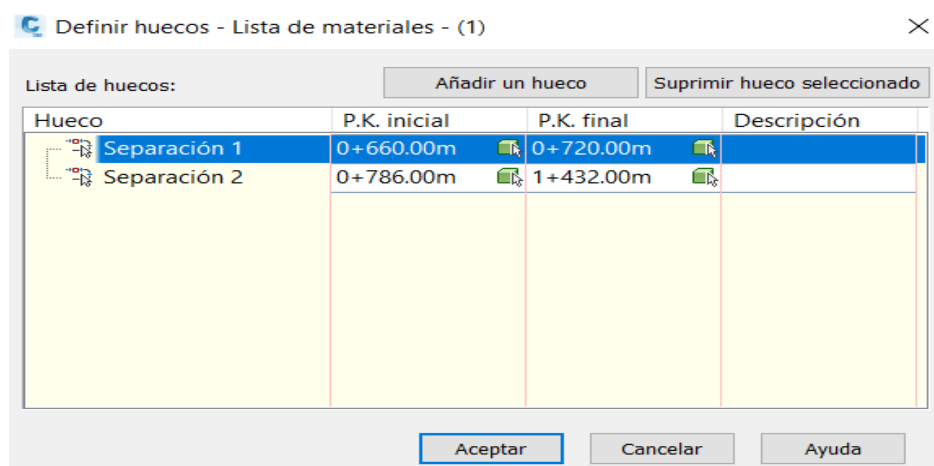


Figura 8.1.3.3. Ventana de creación de *gap* o huecos para el cálculo de volúmenes de terraplén en los PK dónde están colocados los viaductos en AutoCAD Civil 3D.

8.1.4 Salida gráfica planos restantes

En este apartado se abordará la salida gráfica del resto de planos del trabajo, estos planos restantes serían los correspondientes: plano de situación, plano de la traza sobre una ortofoto del emplazamiento de los trabajos y un plano donde vendrán recogidas las secciones transversales tipo utilizadas en la obra lineal, es decir, los ensamblajes utilizados en el viario.

Para el plano de *Situación general*, se creará una nueva hoja de presentación copiada de la plantilla creada y se utilizará sólo una ventana gráfica en la que se insertará una imagen de *Google Earth*.

En segundo lugar, se copiará de nuevo la plantilla utilizada y se utilizará solamente una ventana gráfica en la que se especificará de nuevo la escala determinada para dicho plano. En este caso se hará uso de los mapas en línea, disponibles en el menú superior de AutoCAD Civil 3D, en la pestaña *Geoubicación*. Una vez aceptados el uso de los mapas en línea, *Mapa aéreo*, se colocará justamente debajo de nuestro dibujo una imagen aérea del emplazamiento en cuestión, según las coordenadas y huso del trabajo.

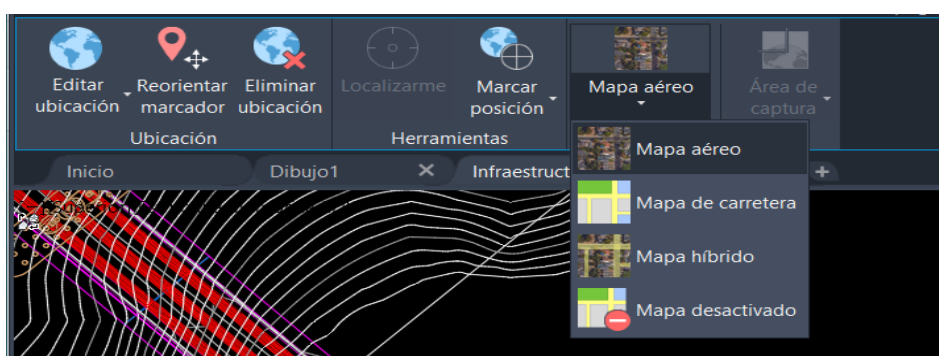


Figura 8.1.4.1. Geoubicación, uso de mapas en línea en AutoCAD Civil 3D.

Por último, para el plano de secciones transversales tipo, se le añadirán a los ensamblajes creados la acotación correspondiente de las mismas. Para la acotación, en la pestaña *Anotar* del menú superior de AutoCAD Civil 3D se cliquea sobre la opción *Acotar* y, a continuación, realizamos la acotación correspondiente a cada sección. Al igual que los casos anteriores, utilizaremos la plantilla creada con anterioridad con una única ventana gráfica y la correspondiente escala determinada en la *Tabla 8.1.1*.

8.2 Recorrido virtual. InfraWorks 360

En este punto se desarrollará una de las principales funcionalidades de la metodología de trabajo usada que permite crear un recorrido virtual a lo largo de la obra lineal haciendo uso del programa InfraWorks 360.

Destacar que, pese a la pérdida de información que se puso de manifiesto en el punto 7.3. *Viaductos en AutoCAD Civil 3D*, el vídeo puede realizarse sin perjuicio alguno de sus resultados, debido a que lo que en realidad se está haciendo es una mera representación de los datos, no una modificación de los mismo ni una introducción de nuevos elementos de diseño en la obra lineal proyectada. Por lo que, la información que ahora se genere no se trasvasará a AutoCAD Civil 3D.

En primer lugar, para la elaboración del vídeo en el que se recogerá el recorrido virtual, una vez dentro del archivo *.sqlite* de InfraWorks 360 se selecciona en el menú superior la opción “*Crear y analizar presentaciones de diseño de infraestructuras*” y, posteriormente, se cliquea sobre “*Crear guiones gráficos*” en el menú de opciones emergentes del margen izquierdo.

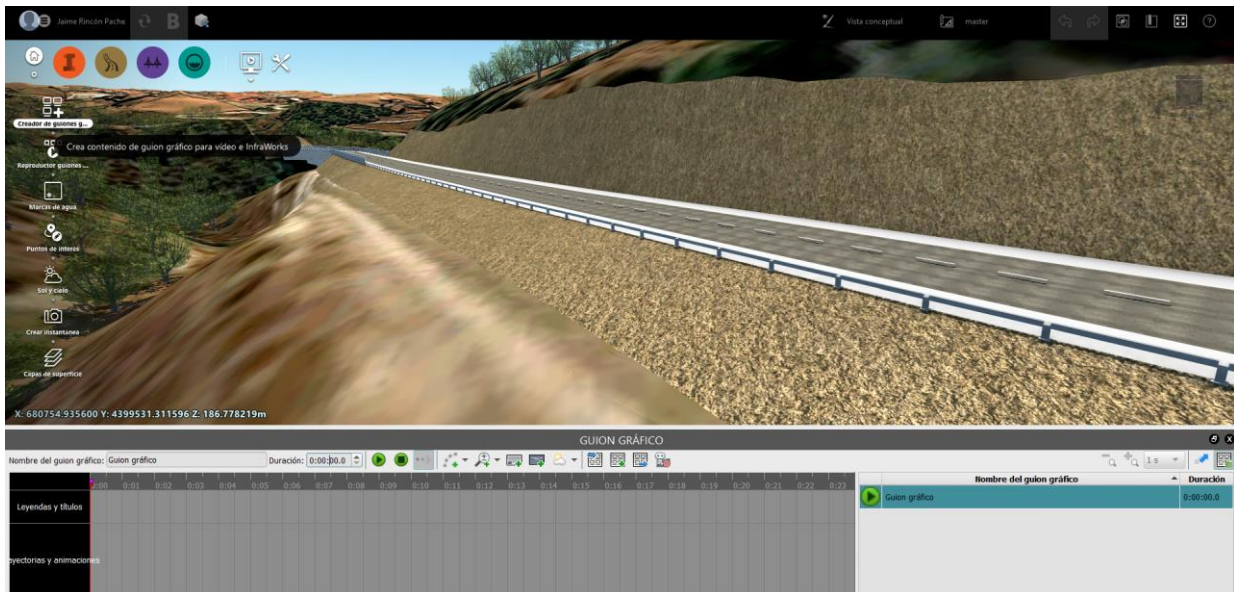


Figura 8.2.1. Menú Guión gráfico en InfraWorks 360.

Tras generar la barra de opción del *Guión gráfico*, se irán añadiendo las diferentes vistas que se desea que compongan el contenido visual. Con el fin de establecer un orden claro, en el menú de herramientas emergente, aparece una escala temporal donde se irán incorporando los elementos visuales que se dispongan o se deseen insertar en el recorrido virtual propuesto. Estos elementos, o animaciones, se encuentran en menús desplegables de la barra de herramientas del *Guión gráfico*, destacando la opción de “*Crear a partir de carretera compuesta*”, que es la herramienta que permite recorrer virtualmente y de forma automática toda la longitud de la obra lineal proyectada en el trabajo.

Además, junto al recorrido virtual, podrán incorporarse otras perspectivas y movimientos de cámara por toda la geografía del emplazamiento del trabajo, pudiendo encadenarlas y definir la velocidad a la que se producen.

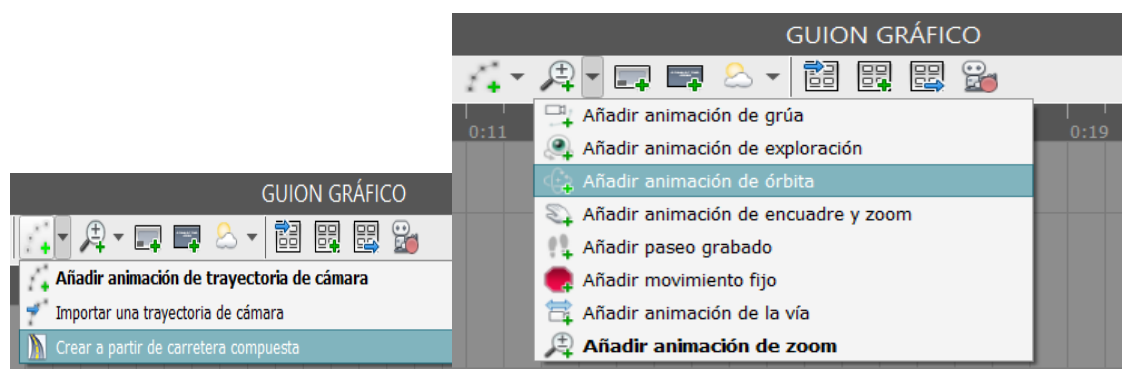


Figura 8.2.2. Opciones de inserción de elementos gráficos del menú Guión gráfico de InfraWorks 360.

Pese a que InfraWorks 360 implementa bastantes herramientas con cierta utilidad visual y gráfica, la versatilidad de las mismas es limitada debido a que son herramientas suficientes para hacer un vídeo de calidad estándar para presentación de proyectos, pero su uso queda restringido a uno o dos parámetros, no permitiendo hacer trayectorias complejas con recorridos y movimientos de cámara muy elaborados.

En el caso de la trayectoria continuada de la obra lineal, hay parámetros que se definen inicialmente al incorporar la animación como la altura de la cámara, sentido de la marcha, desfase, ... que no se pueden modificar a posteriori, además, aquellos parámetros que sí permiten su modificación, como la modificación de la velocidad de la marcha del fotograma, presentan un proceso manual lento.

Si se permite cambiar e ir arrastrando las diferentes animaciones de forma sencilla por la escala temporal del vídeo en el menú del *Guión gráfico*, así como reproducir y detener el vídeo para continuar su edición. Respectos a los títulos, textos y transiciones, el editor cuenta con un par de opciones, por lo que no pueden aplicarse efectos llamativos.

De forma previa a la generación final del vídeo y su exportación, en paralelo con la implementación de las animaciones se pueden ir editando las características visuales del modelo del proyecto como pueden ser estilos de superficie, de grupo de árboles, decoraciones o incluso estilos de la propia obra lineal y sus componentes. Para modificar el estilo de la obra lineal tan solo hay que pulsar con el botón izquierdo del ratón sobre la superficie de la carretera o viaductos y nos permitirá editar estilo y, para añadir otros componentes a la misma superficie viaria tan sólo es necesario pulsar clickear sobre la obra lineal, ya seleccionada, con el botón derecho del ratón y escoger la opción de “*Añadir decoraciones*”. Para la inserción de masas de agua o grupo de árboles en el menú superior seleccionamos la opción “*Crear, administrar y analizar el modelo de infraestructura*” y, posteriormente, “*Crear elementos de diseño conceptual*”.

En el presente trabajo, como ya vimos en el 7.2. *Definición de viaductos*, se insertó sobre los datos importados de AutoCAD Civil 3D una ortofoto del emplazamiento concreto utilizando la opción *Bing Maps* de InfraWorks 360. En esta ortofoto aparecen todos los elementos de forma plana y adosados a la superficie, por lo que se insertarán grupo de árboles y masa de agua, tanto para el río Tajo como para el embalse. Además, también se añaden los componentes necesarios para la obra lineal, como son los quitamiedos y las barandillas en los tramos de viaductos, y otras decoraciones como son maquinaria de obra o señalización. En definitiva, se pueden añadir componentes de diversa naturaleza, y una vez en el modelo, modificar su posición, tamaño, orientación, desfase, de forma que resulte una representación más completa y llamativa para el receptor al que va encaminado el recorrido virtual. Marcar, que cuanto mayor sea la cantidad de dichos elementos en el espacio modelo, mayor será el coste computacional que se tendrá que reproducir y mayor tamaño de archivo de vídeo final.



Figura 8.2.3. Representación gráfica de obras al final del tramo estudiado en InfraWorks 360.

Como se mencionaba al final de 3. *Elección del ámbito*, aguas abajo del viaducto de mayor envergadura proyectado se encuentra el famoso puente romano de Alcántara, en el archivo *.sqlite* de InfraWorks 360 no aparece dicho puente en 3D ni en los recursos en línea del programa, por lo que se decide insertar en el modelo de InfraWorks 360 dicho puente en 3D mediante la particularidad de añadir archivos de SketchUp con la opción *Origen de datos* del menú superior de InfraWorks 360. Previamente, descargamos el archivo del puente romano del paquete de objetos 3D gratuitos de la página de internet 3D Warehouse (<https://3dwarehouse.sketchup.com/>). A continuación, lo abrimos con el programa SketchUp y eliminamos la ortofoto con la que se descarga el archivo. Una vez terminada la edición en SketchUp, guardamos el objeto 3D en formato *.skp*, ya que es el tipo de formato que te permite abrir InfraWorks 360 del software SketchUp. Entramos en el modelo de InfraWorks 360 y lo añadimos con la opción de *Origen de datos*, una vez cargado el archivo es necesario terminar su configuración, se clikea con botón derecho sobre el archivo del puente en el

menú de *Origen de datos* del borde derecho de la pantalla, se abrirá una ventana emergente en que debemos definir el tipo de objeto 3D que acabamos de añadir y la escala del mismo, seguidamente seleccionamos *Cerrar y actualizar* y ubicaremos el objeto 3D sobre el modelo haciendo doble clic con el botón izquierdo.

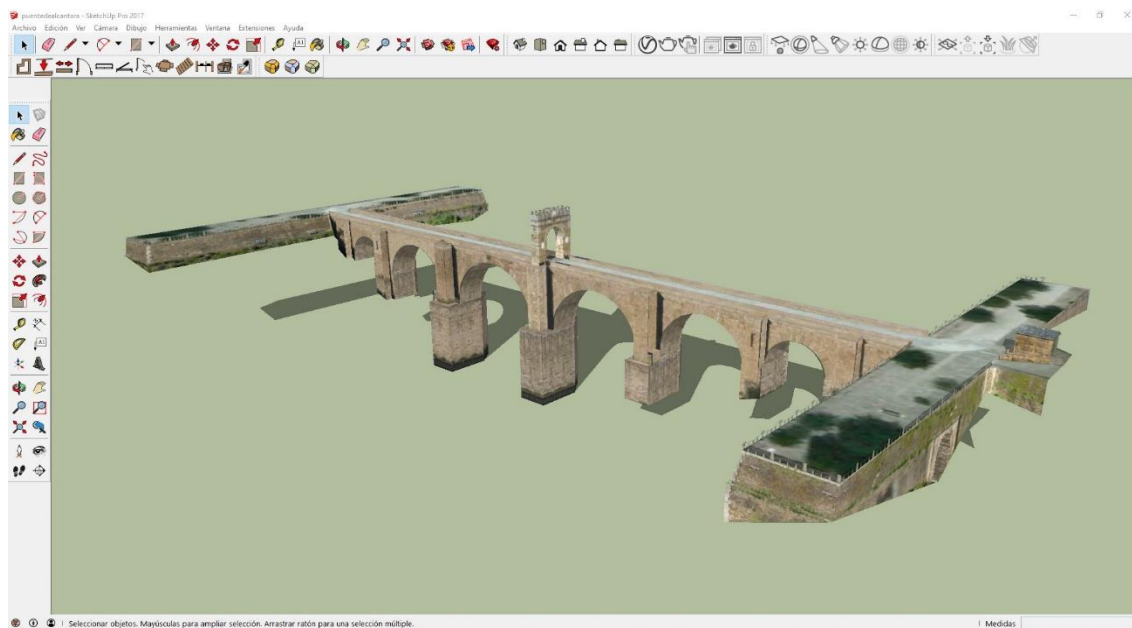


Figura 8.2.4. Edición objeto 3D, puente romano de Alcántara, en SketchUp.

Por último, una vez terminada la edición del vídeo, para generarlo en un archivo con un formato legible para un reproductor, se selecciona en el menú del *Guión gráfico* la opción de “*Exportar guión gráfico*”, surgiendo una ventana emergente para especificar las características de dicho archivo gráfico.



Figura 8.2.5. Visual puente romano de Alcántara y viaducto de mayor luz proyectado en InfraWorks 360.

9 CONCLUSIONES

Tras finalizar el desarrollo del procedimiento usado para la propuesta de diseño de una obra civil que englobe carretera y viaducto, en este punto se realizará una recopilación de las conclusiones más relevantes extraídas a lo largo de las páginas anteriores con el objetivo de que pueda ser de utilidad en el futuro.

A lo largo del trabajo se ha puesto de manifiesto las ventajas que supone o, más bien, supondría, poder aplicar la metodología BIM, ya que ello facilitaría el proceso de diseño de las infraestructuras proyectadas permitiendo aprovechar las características y potencialidades de los diferentes programas usados. A día de hoy, la metodología BIM se ha convertido en la opción de mayor desarrollo, eficiencia y competitividad para el sector de la arquitectura, ingeniería y construcción. Con esto a BIM se le entiende como una metodología de trabajo colaborativo que permite el modelado de la información de la construcción, que consiste en la creación, gestión y almacenamiento de información de forma ordenada. Por tanto, la tendencia de los avances tecnológicos va encaminada en este sentido, dada la sinergia potencial que puede desollarse.

Una vez desarrollado el trabajo, se ha constatado que la metodología BIM propuesta con los programas de Autodesk, InfraWorks 360 y AutoCAD Civil 3D, existen importantes deficiencias en el trasvase de información entre ambos, ya que el hecho de no importar correctamente los datos que provienen desde el otro programa ha llegado a impedir trasvases de información posteriores, perdiéndose ésta en el proceso hasta el punto de perder la utilidad de este trasvase de información.

En primer lugar, sobre AutoCAD Civil 3D destacar las muchas ventajas que presenta el programa de cara al diseño de obras lineales “sencillas”, ya que, como se ha comprobado, en cuanto empiezan a introducirse elementos ajenos a los propios de una carretera, el programa va volviéndose menos intuitivo y los procesos comienzan a convertirse en más manuales, limitándose el componente de la parametrización por el camino. Por destacar, las bondades más relevantes con las que cuenta este software, en base al trabajo realizado, se mencionarán las siguientes.

- Funcionalidad, una de las características más importantes que presenta AutoCAD Civil 3D es la comprobación del diseño en base a normativa, Permitiendo un ajuste del mismo dentro de las recomendaciones y lo permitido en ella y, además, cuenta con una plantilla con la norma recogida permitiendo editarla y crear en base a ésta los parámetros de comprobación concretos en cada caso estudiado.
- Parametrización, abordada desde un ámbito general. El hecho de que cambios puntuales en alguna parte del modelo se traduzcan y actualicen en el resto, crea una sinergia interesantísima y un ahorro en costes grande, dotando a la herramienta de un potencial en el diseño más que significativo.

Como desventajas, AutoCAD Civil 3D comienza a perder un poco de su versatilidad a medida que se van introduciendo ciertos elementos, entendidos estos como ajenos a la naturaleza pura de la obra lineal como pueden ser la superficie, ensamblaje o características de la vía. Por otro lado, el programa pierde potencia de cálculo y aumenta el coste computacional a medida que aumenta la extensión del modelo, aunque esta deficiencia es común en programas de diseño con AutoCAD. Sin embargo, hay que tener especial cuidado a la hora de almacenar las superficies grandes, ya que la ruta que usa el programa para incorporarla puede ser incorrecta al cambiarse el lugar de almacenamiento sólo de estas a causa del tamaño.

Sobre InfraWorks 360 hay que destacar el potencial gráfico del programa, permitiendo una visualización con gran detalle y calidad de los modelos en él. Sin embargo, presenta la escasa variedad de opciones y estilos junto a la poca versatilidad de sus herramientas, que restan parte del enorme atractivo que presenta. Pese a lo comentado anteriormente, es una herramienta útil para el planteamiento rápido de situaciones y modelos de prueba, así como para crear una serie de alternativas previas, resultando muy interesante para la generación de argumentos previos a la toma de decisiones. Presenta una interfaz sencilla, en concreto, el diseño de

infraestructuras puede realizarse de forma rápida e intuitiva, ahorrando tiempo y coste al diseñador, aunque estas ventajas se ven reducidas por la restringida variedad de opciones de diseño y a las limitaciones de las versiones actuales del programa a la hora del trasvase de los datos del modelo a terceros. Pese a todos los condicionantes que presenta InfraWorks 360, se pueden conseguir representaciones visuales muy buenas, consiguiendo animaciones de gran calidad realizadas de manera sencilla.

En definitiva, la metodología propuesta para el desarrollo del trabajo, carretera con viaductos, mediante AutoCAD Civil 3D e InfraWorks 360 es idónea, técnicamente, aunque presenta ciertas limitaciones relacionadas con la adaptación al entorno de trabajo colaborativo de BIM, en el plano práctico; aunque éstas se solventen en versiones posteriores de ambos software. Por lo que, teniéndolas en cuenta de forma previa, el diseño puede llevarse a cabo de forma ordenada teniendo claro hasta dónde se puede llegar, la funcionalidad de cada programa y los resultados a obtener por cada uno de ellos.

BIBLIOGRAFÍA

➤ **Descargas web:**

Centro de descargas, Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG). (2020). *Mapas vectoriales y bases cartográficas y topográficas*.

<<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>>

[Consulta: 10 enero 2020]

Sistema de Información Territorial de Extremadura (SITEx). (2020)

<<http://sitex.gobex.es/SITEX/centrodescargas>>

[Consulta: 17 enero 2020]

➤ **Libros, estudios e informes:**

Ayto. Zaragoza. IDOM -TYPESA. (2017). *Estudio de viabilidad. Línea de Tranvía Este – Oeste en Zaragoza*.

<http://www.zaragoza.es/contenidos/tranvia/linea2/TOMO1MemoriaTranvia_L2.pdf>

Bañón Blázquez, L (2000). *Manual de Carreteras*.

Estudio A.I.A. Arquitectos Ingenieros Asociados.

<http://estudioaia.com/proyectos/puente-alcantara_alcantara-caceres/>

[Consulta: 1 febrero 2020]

García García, A (2012). *Criterios de presentación de los planos del trazado*. Universidad Politécnica de Valencia.

<<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16912/Criterios%20de%20presentaci%C3%B3n%20de%20los%20planos%20del%20trazado.pdf?sequence=1>>

[Consulta: 22 abril 2020]

Isabel Otero Pastor, Mónica Navarro Sáenz, Ana Pilar Espliga González de la Peña y Alejandra Ezquerro Canalejo. (2008). *Criterios de metodología de valoración de paisaje desde infraestructuras lineales*.

<http://oa.upm.es/3268/1/INVE_MEM_2008_53980.pdf>

[Consulta: 5 febrero 2020]

➤ **Normativa:**

Ministerio de Fomento. (2015). *Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras.*

< https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/ley_carreterasley372015.pdf >

Ministerio de Fomento. (2016). *Norma 3.1 IC Trazado, de la Instrucción de Carreteras.*

<<http://www.fomento.gob.es/AZ.BBMF.Web/documentacion/pdf/RE2038.pdf> >

Ministerio de Fomento. (2014). *Recomendaciones para la redacción de los proyectos de construcción de carreteras.*

<https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/notadeservicio92014.pdf>

➤ **Webs, blogs, hemerotecas y noticias de interés:**

Autodesk. (2014). *AutoCAD Civil 3D Help.*

<<http://docs.autodesk.com/CIV3D/2014/ESP/index.html>>

[Consulta: 2 marzo 2020]

Autodesk. (2014). *Autodesk InfraWorks Training Guide.*

<http://docs.autodesk.com/ICD/2014/ENU/Training_Guide/autodesk-infracworks-training-guide.pdf>

[Consulta: 10 febrero 2020]

Autodesk. (2019). *Acerca del análisis de visibilidad.*

<<https://knowledge.autodesk.com/es/support/infracworks/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/ESP/InfraWorks-RoadsandHighways/files/GUID-A6A849AE-D03D-4754-B47A-AAB010EDAFF7-htm.html>>

[Consulta: 5 mayo 2020]

BIM Civil UIS. (2017). *Capítulo 9 Distancias de visibilidad.*

<<https://www.youtube.com/watch?v=UB1uCzdtSR0>>

[Consulta: 5 mayo 2020]

Choque Ururi, E. (2018). *AutoCAD Civil 3D plotear planta y perfil por kilómetro.*

<<https://www.youtube.com/watch?v=vc8KpvtDYhM>>

[Consulta: 23 abril 2020]

Cobelo Fuentes, D. (2019). *Caso práctico de diseño conceptual BIM de obras lineales con Infracworks. Masterclass técnica.*

<<https://www.youtube.com/watch?v=UB1uCzdtSR0>>

[Consulta: 10 febrero 2020]

Morato Moreno, M. (2019). *P 2.11 Camino (obra lineal). Basic corridor.*

<<https://youtu.be/TPNzEEy1hD8>>

[Consulta: 20 enero 2020]

Navarro, E. (2017). *Proyectando entidades en secciones transversales y perfil Civil 3D 2017.*

<<https://www.youtube.com/watch?v=9GanKGIpPw>>

[Consulta: 13 abril 2020]

Noyola Rivero, S. (2017). *Autodesk® AutoCAD® Civil 3D: Defining Bridge Gap in Compute Materials (supresión de Volúmenes).*

<<https://www.youtube.com/watch?v=v3R2c44thBQ>>

[Consulta: 15 abril 2020]

Tutoriales Civil 3D. *Estilos.*

<<http://www.civil3d.tutorialesaldia.com/tag/estilos/>>

[Consulta: 17 abril 2020]

Todas las tablas, figuras e imágenes contenidas en el presente documento son de elaboración propia, salvo expresa contradicción en la información al pie de cada una.

PLANOS

PLANOS DE INFORMACIÓN. ARCGIS

Plano 1. Ubicación.

Plano 2. Curvas de nivel – Hipsometría.

Plano 3. Clases agrológicas y paisajes.

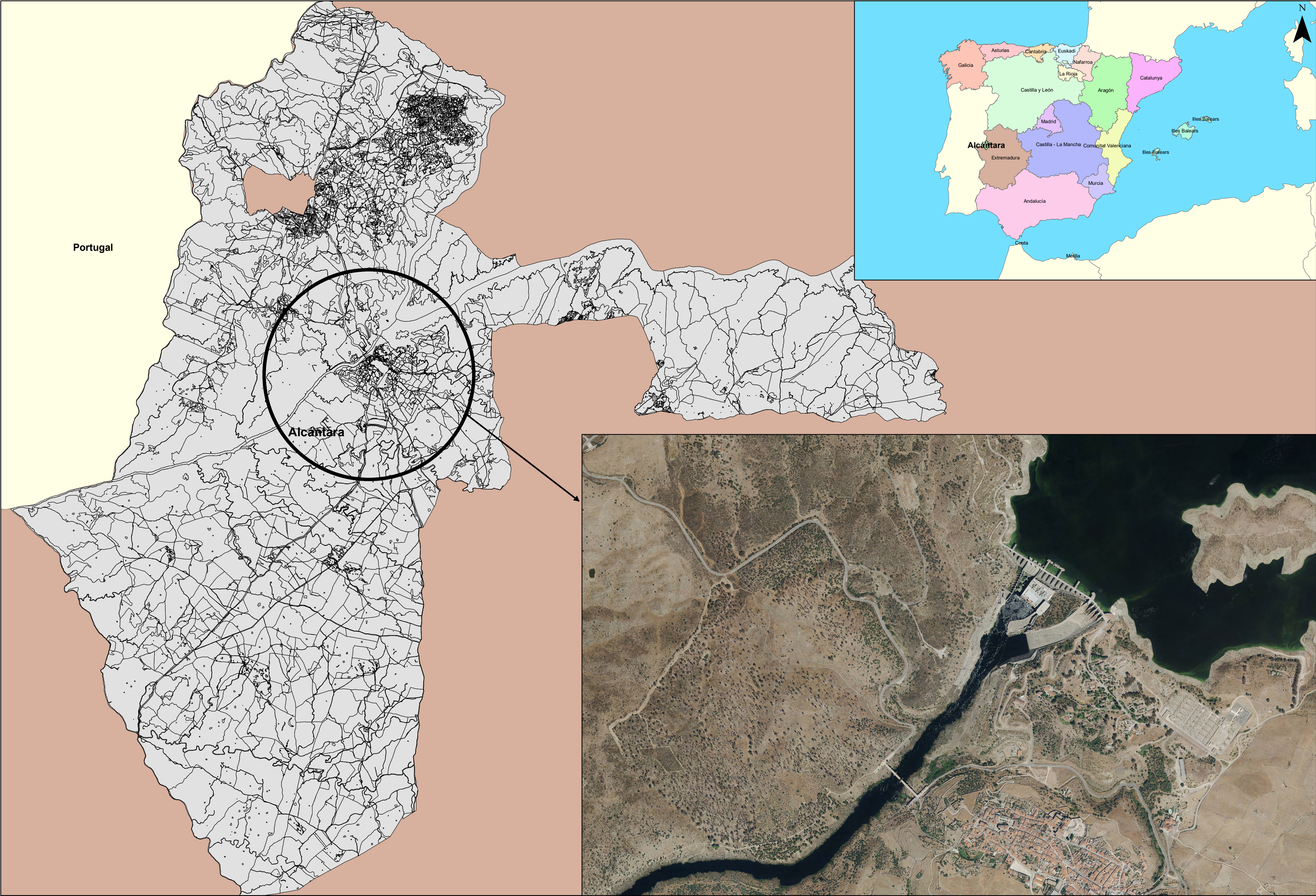
Plano 4. Hidrografía.

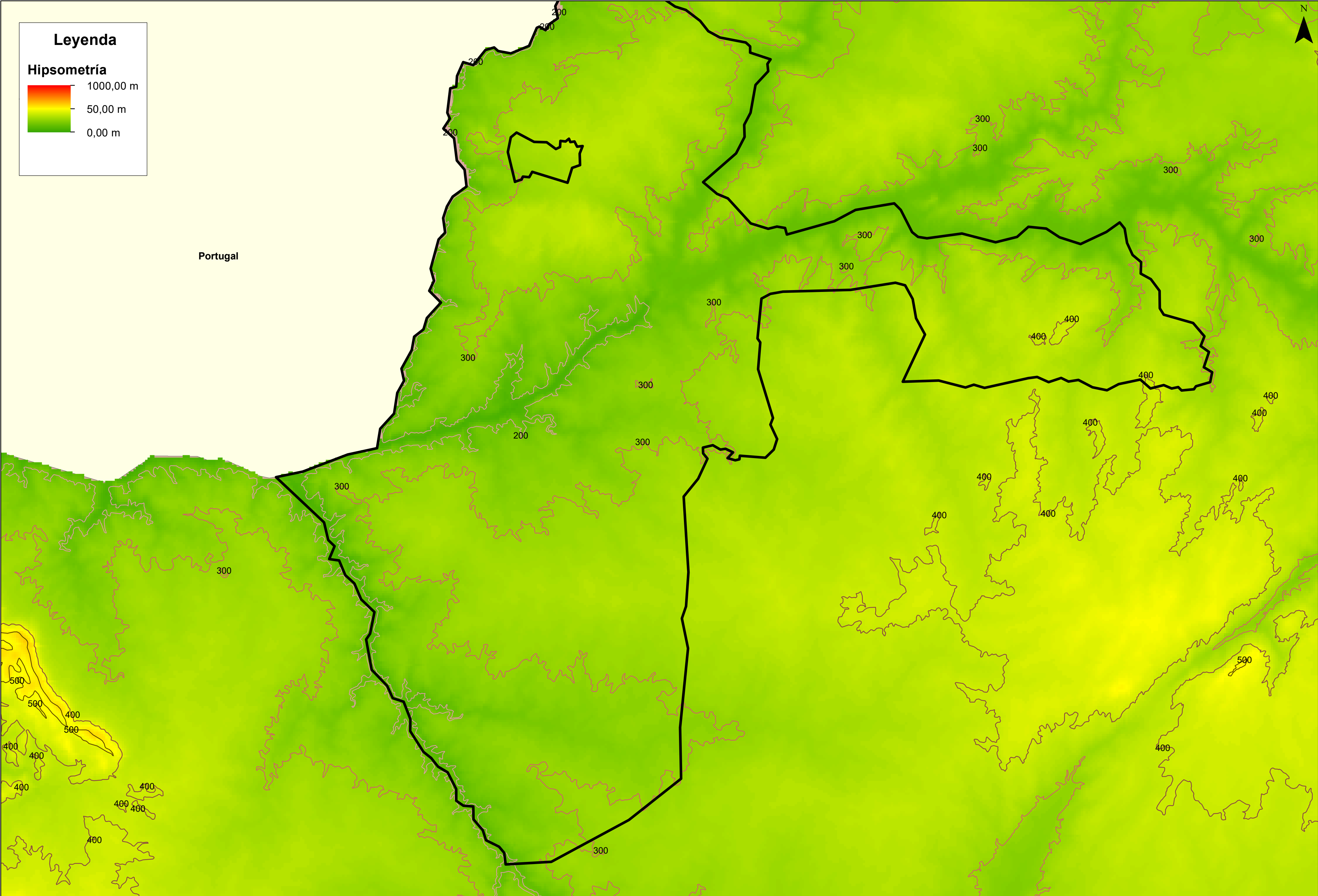
Plano 5. Infraestructuras.

Plano 6. Geología y litología.

Plano 7. Núcleos urbanos.

Plano 8. Zonas de valor ambiental y turístico.





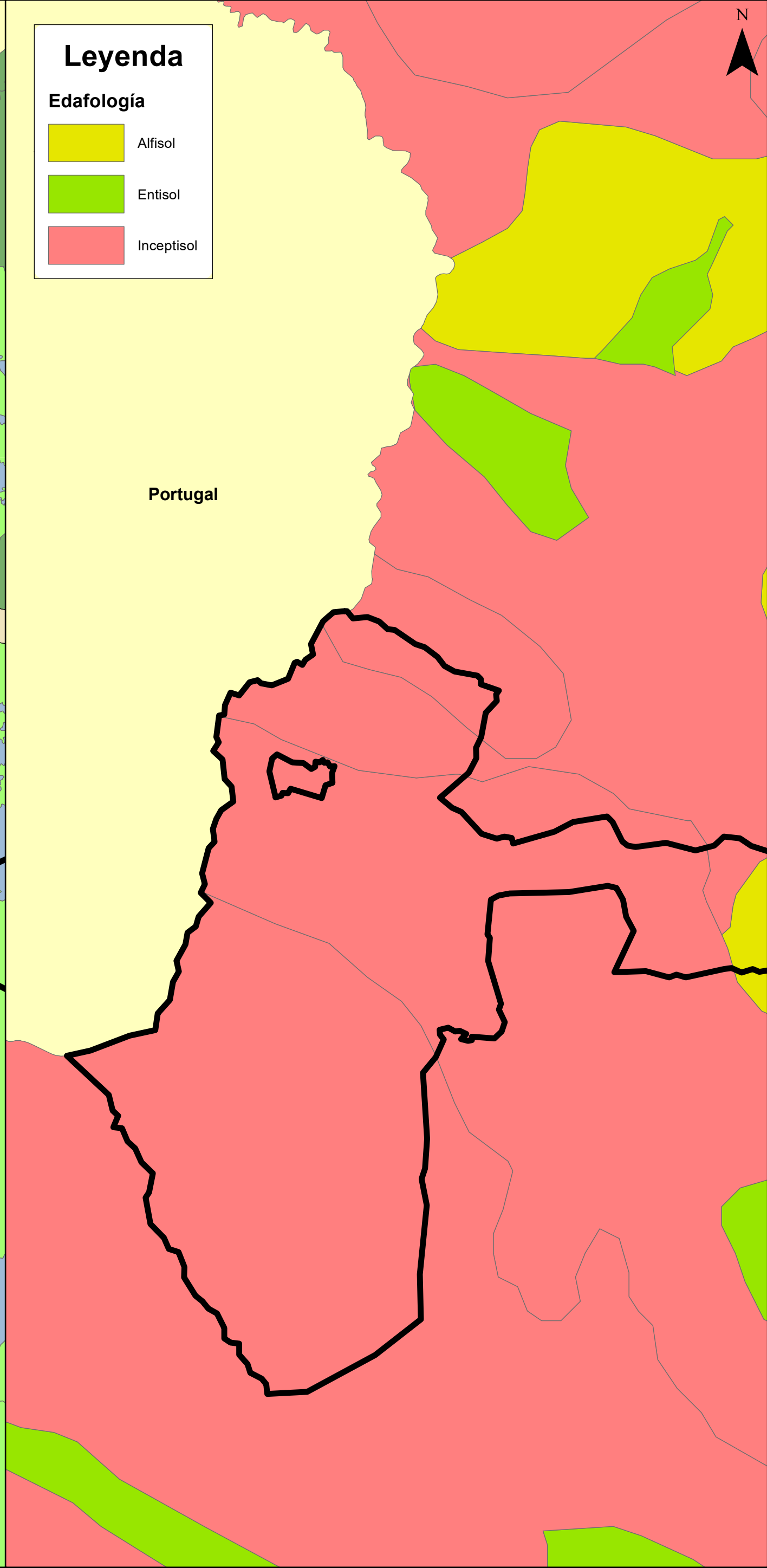
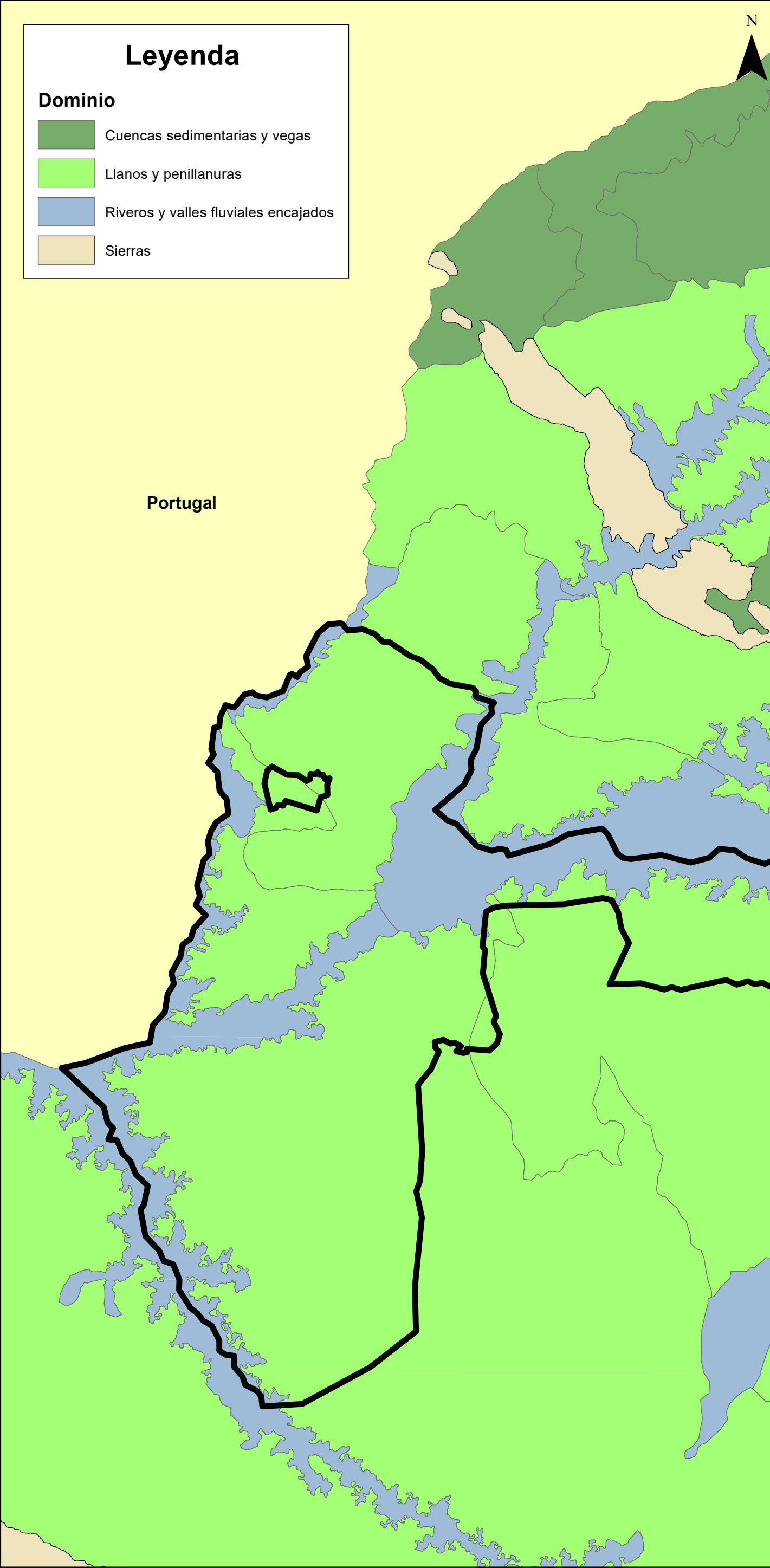
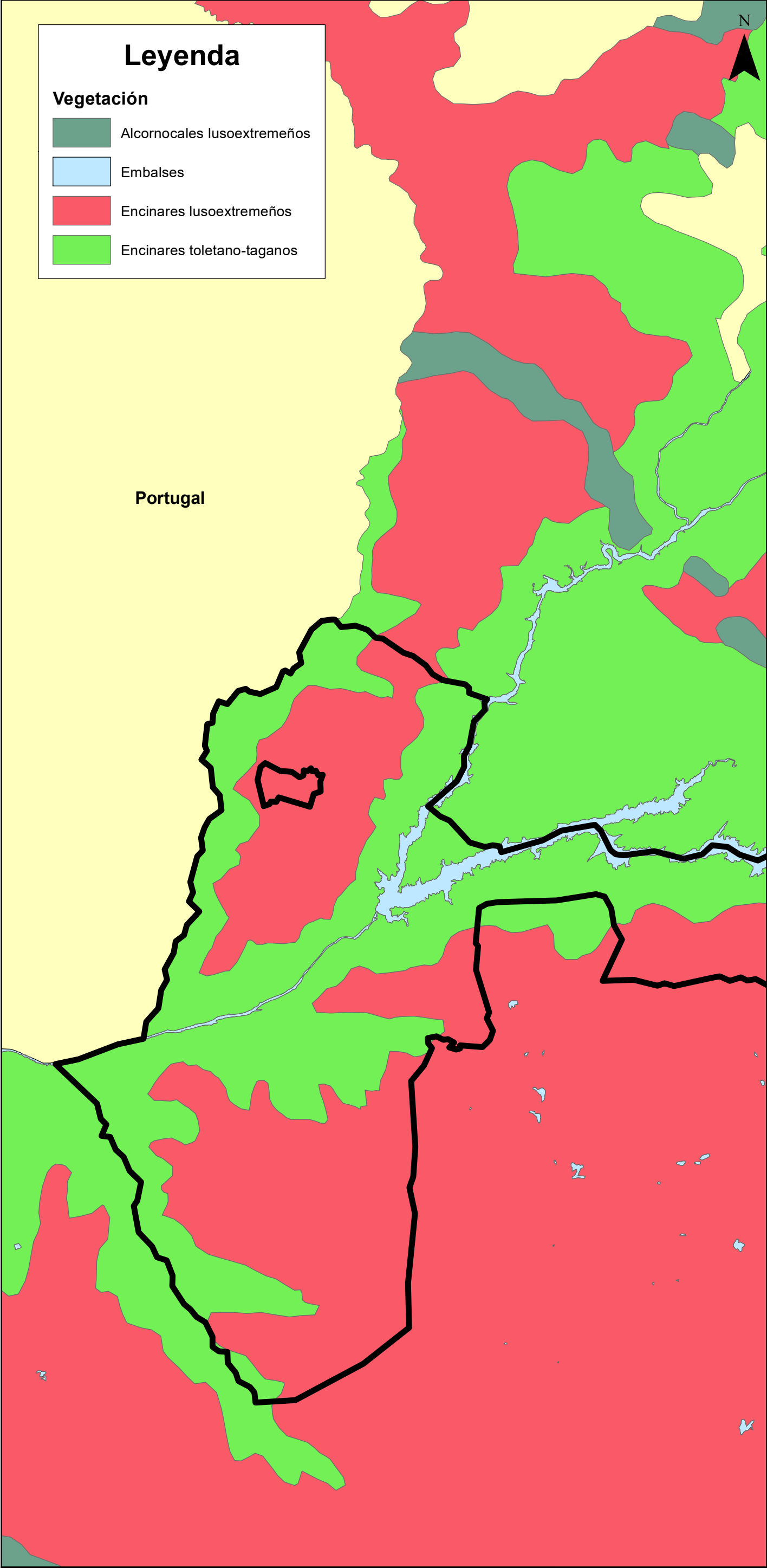
Leyenda

Hipsometría

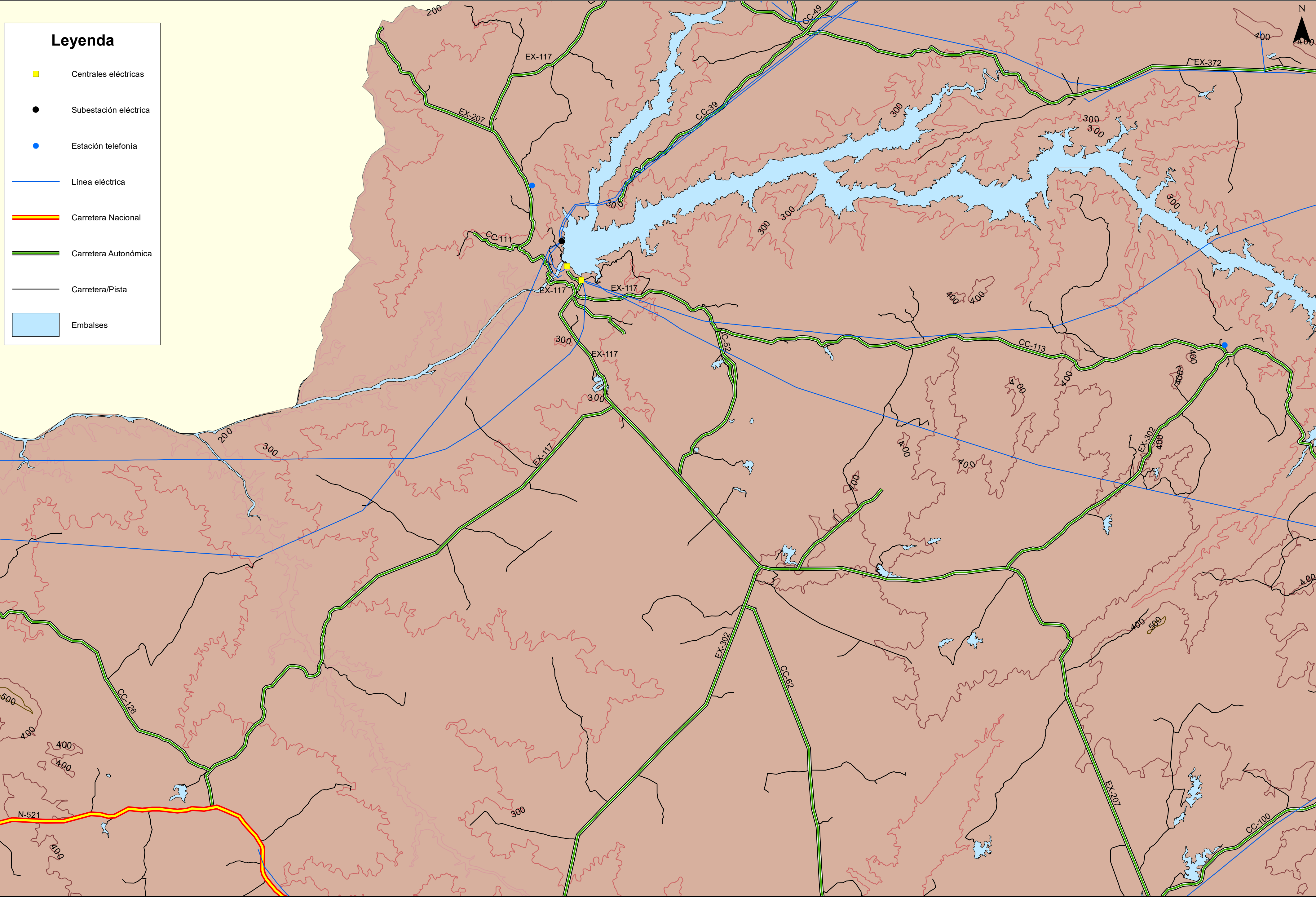
1000,00 m

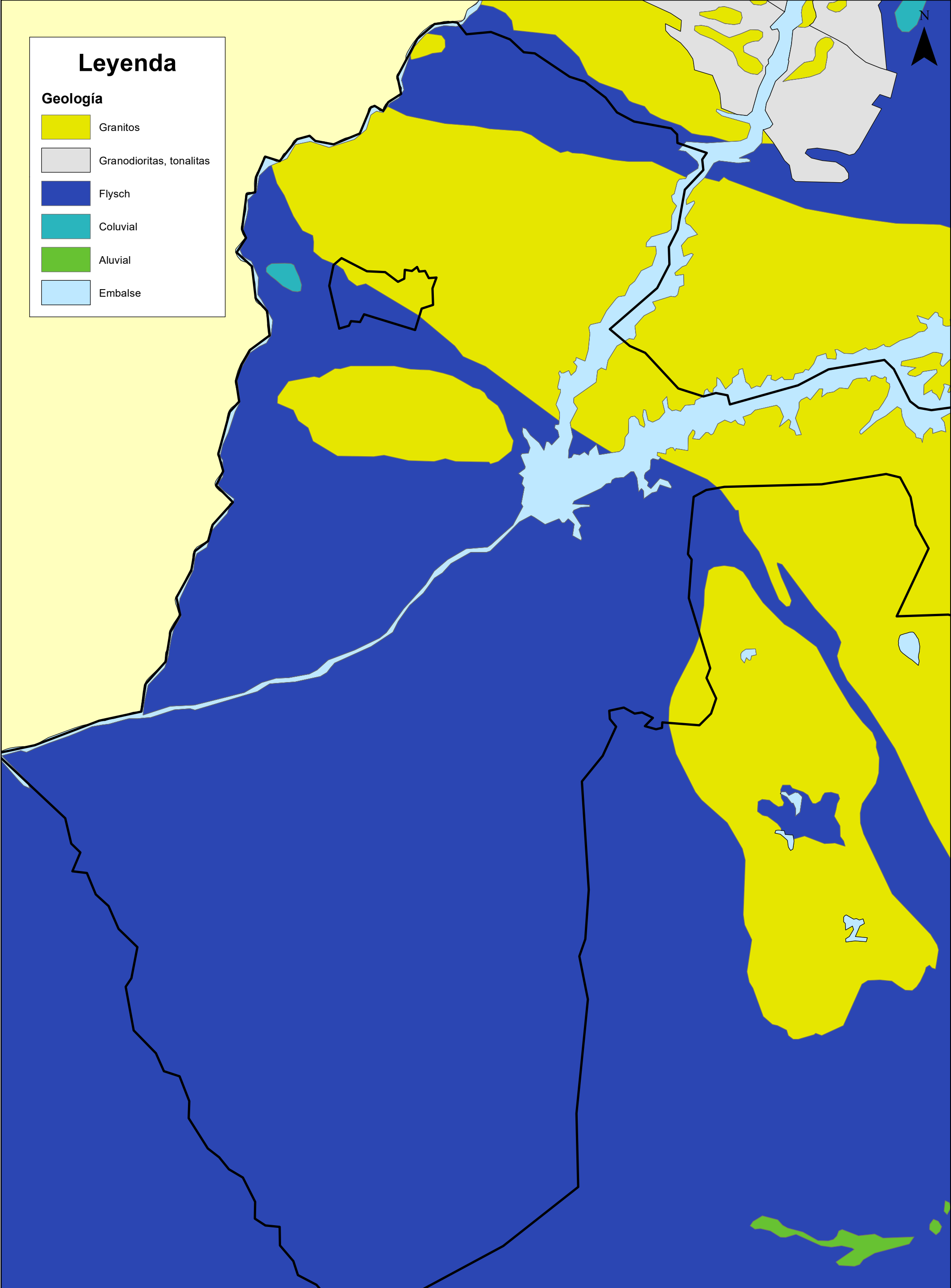
50,00 m

0,00 m









Leyenda

Geología

Granitos

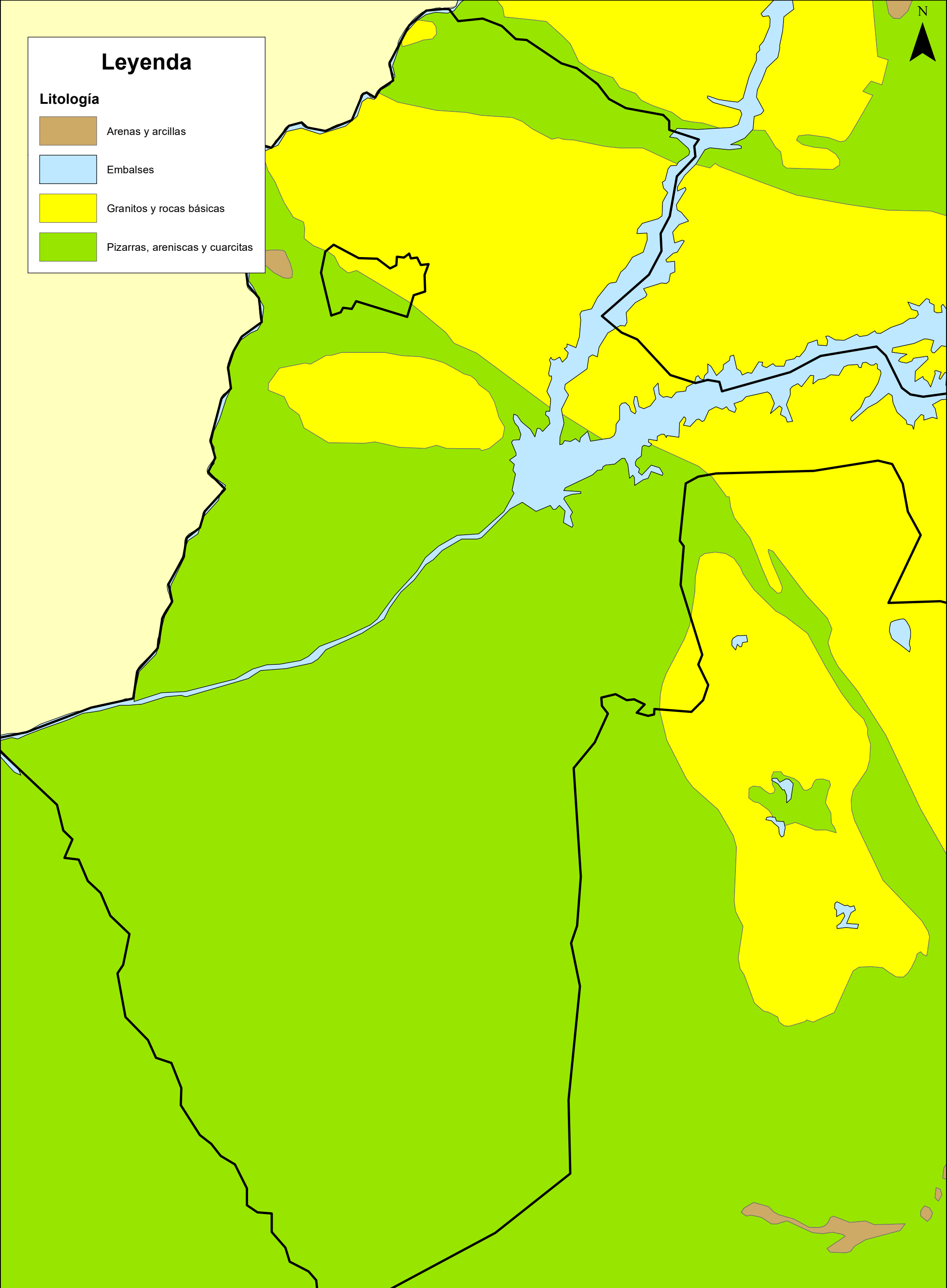
Granodioritas, tonalitas

Flysch

Coluvial

Aluvial

Embalse



Leyenda

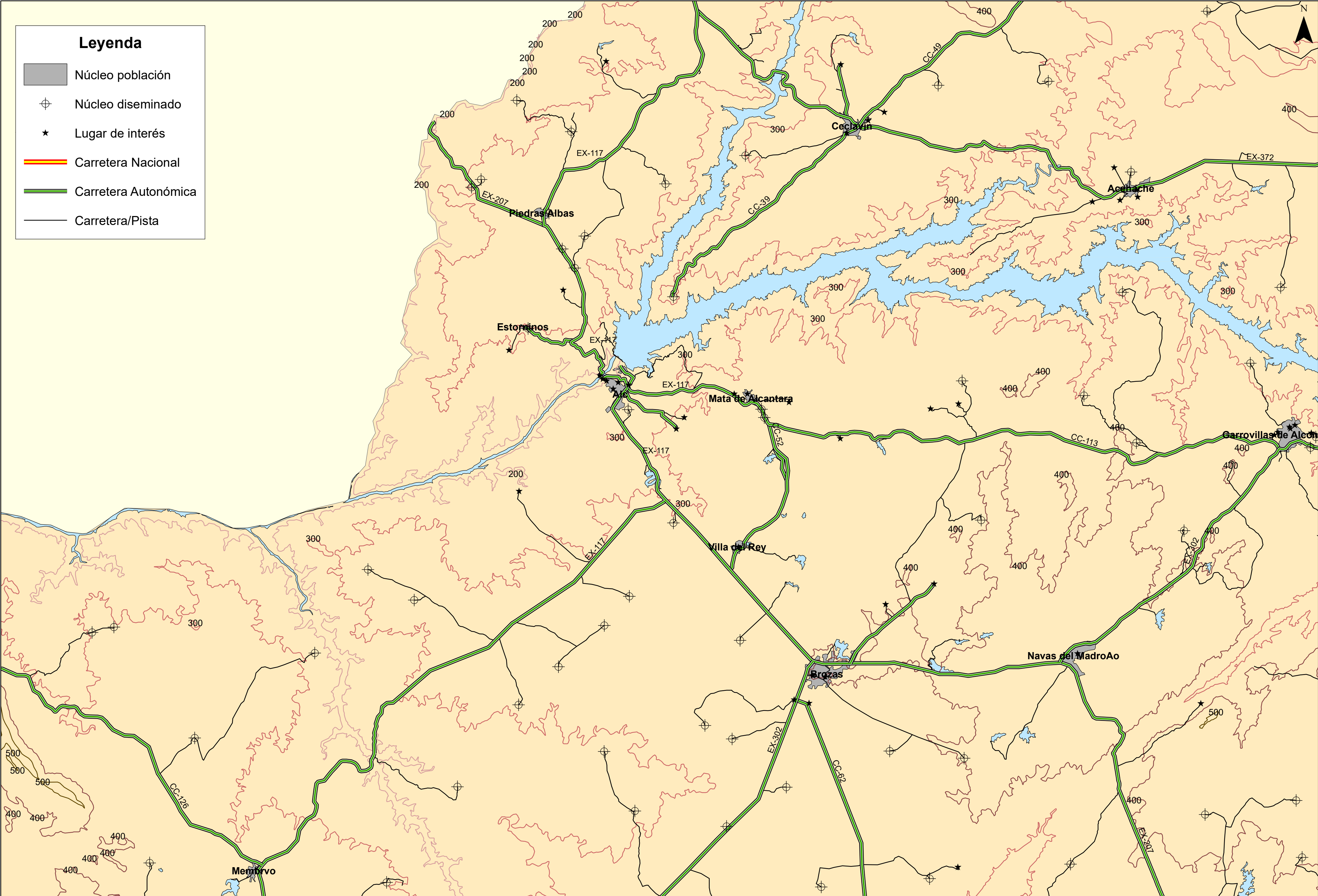
Litología

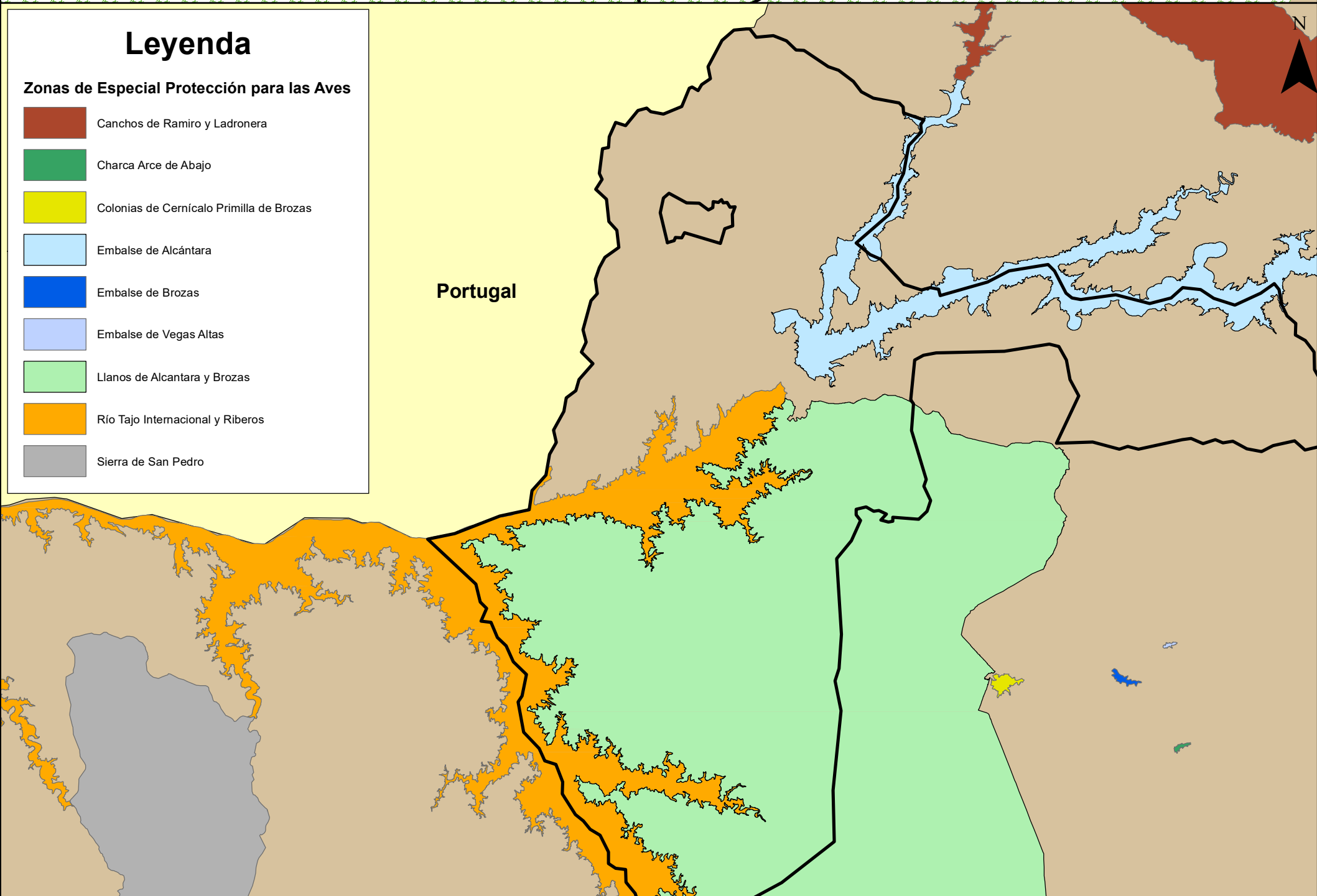
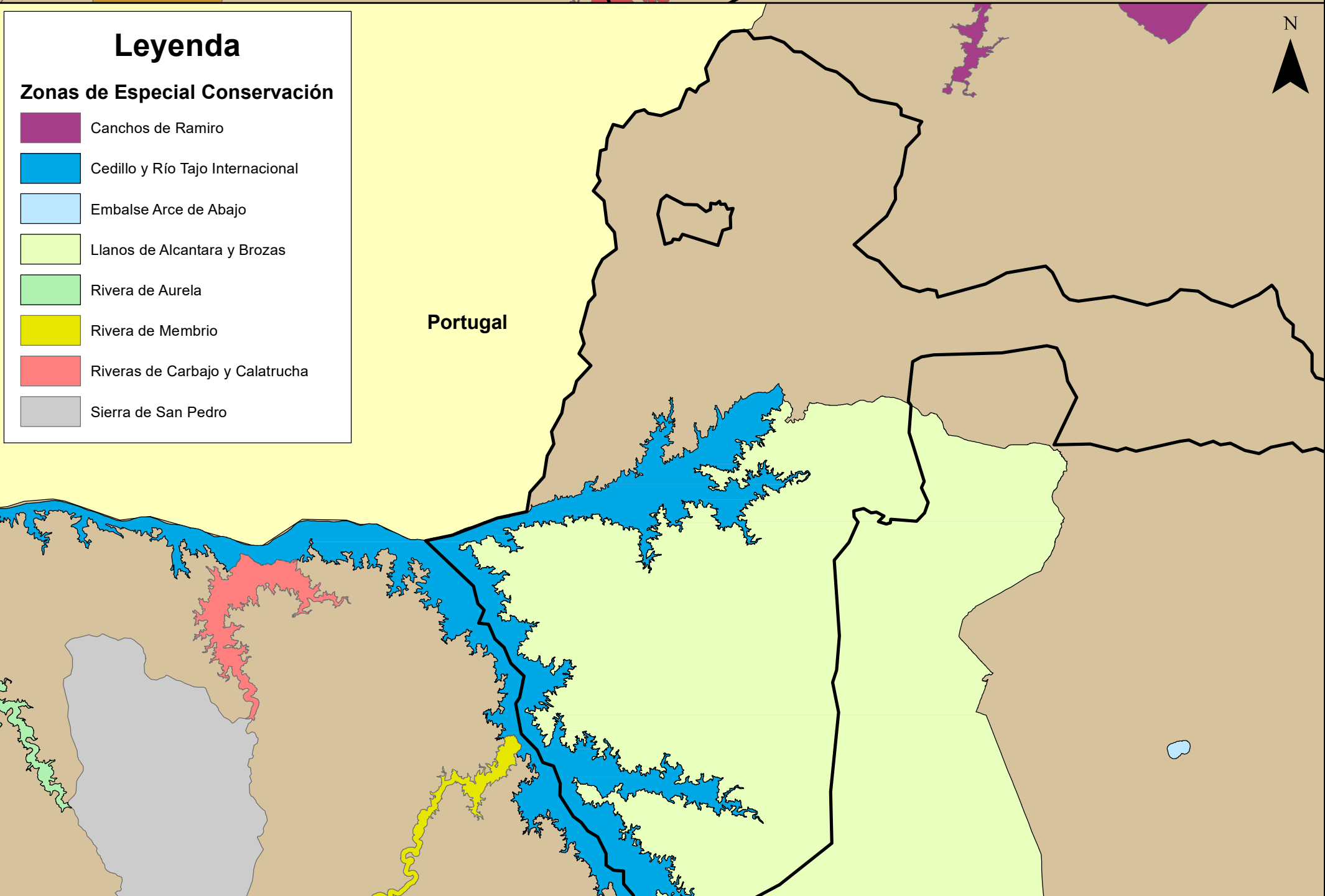
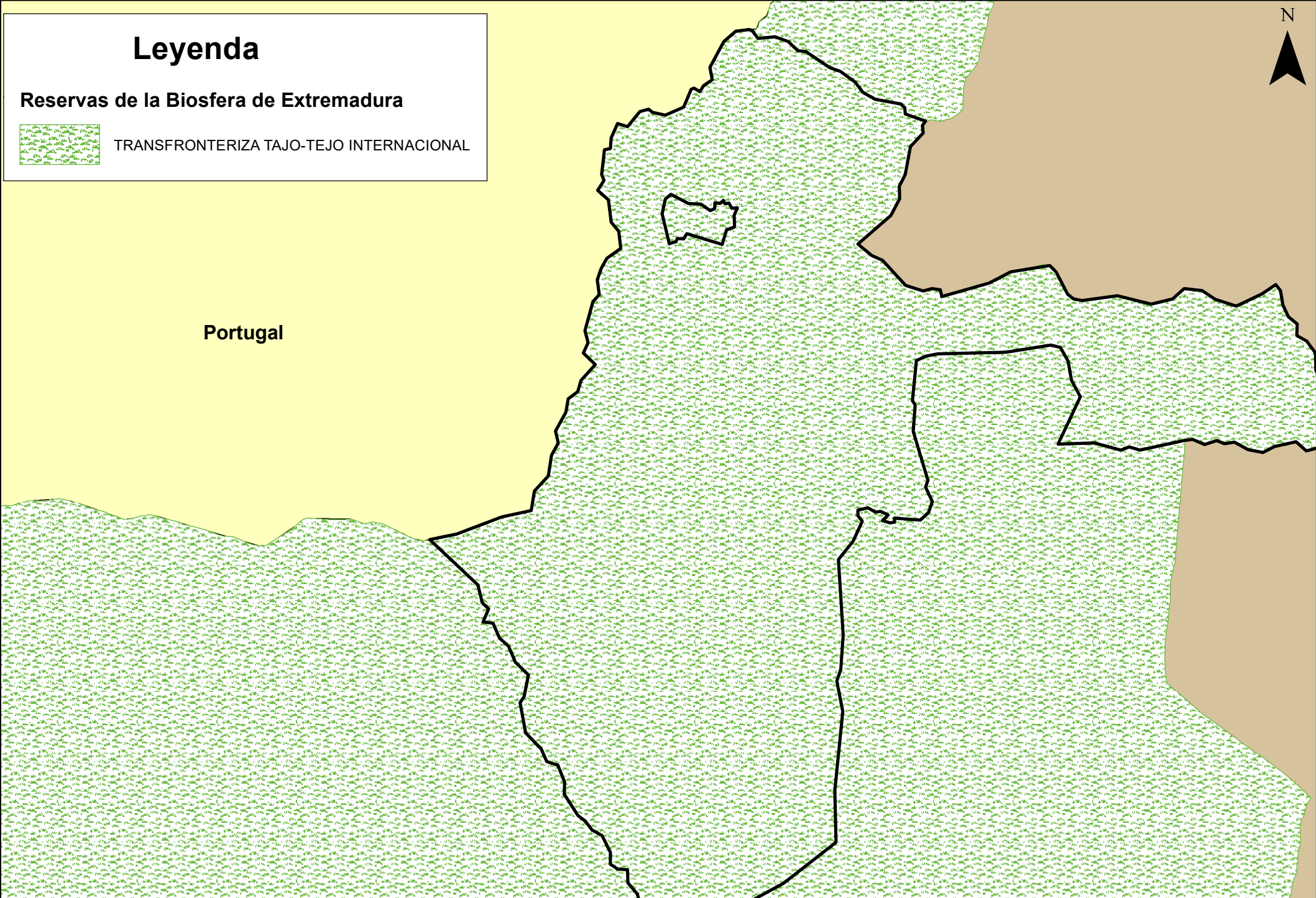
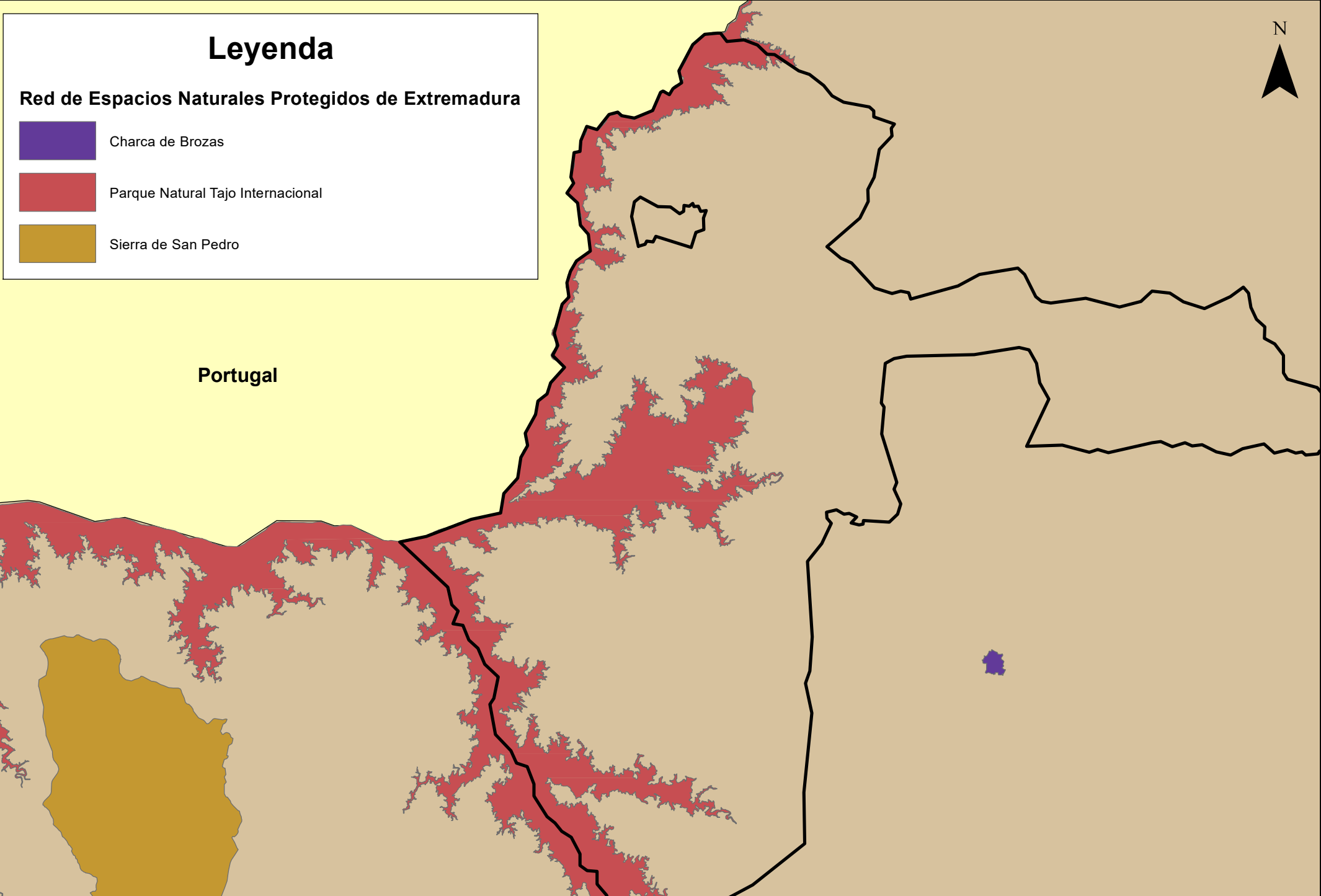
Arenas y arcillas

Embalses

Granitos y rocas básicas

Pizarras, areniscas y cuarcitas





PLANOS DE DISEÑO GEOMÉTRICO. AUTOCAD CIVIL 3D

Plano 1. Situación.

Plano 2. Traza con ortofoto.

Plano 3. Planta: Desglose de minutas.

Plano 4. Planta y perfiles longitudinales.

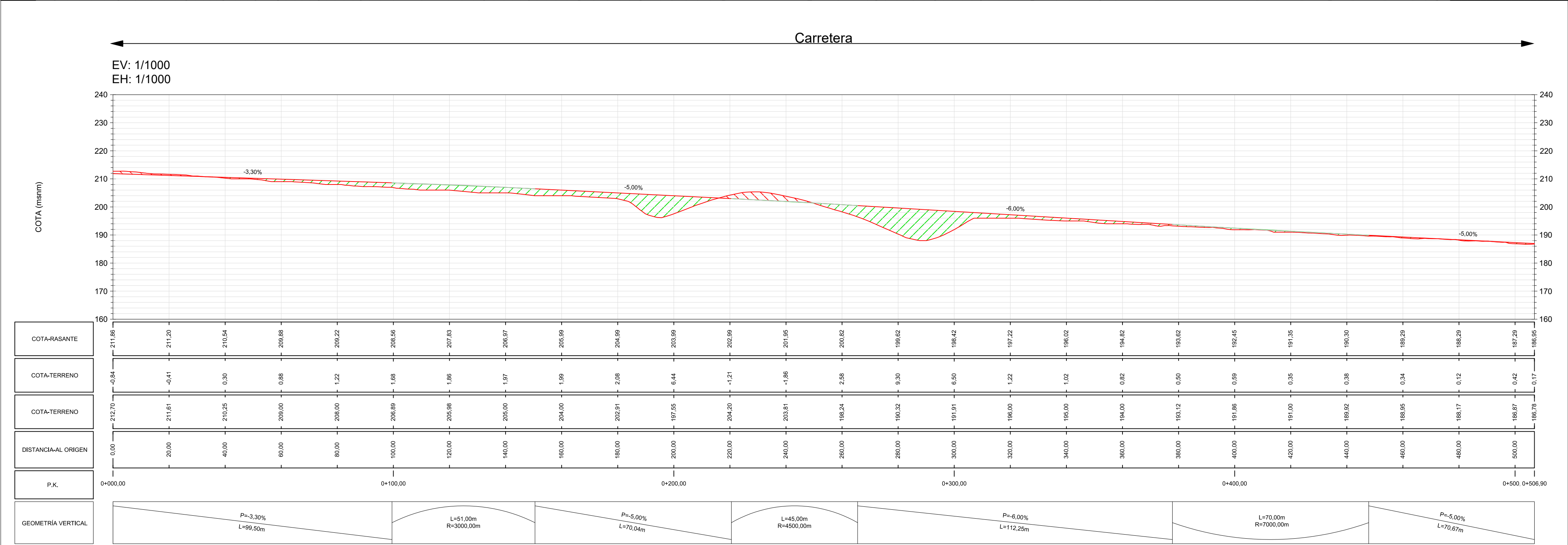
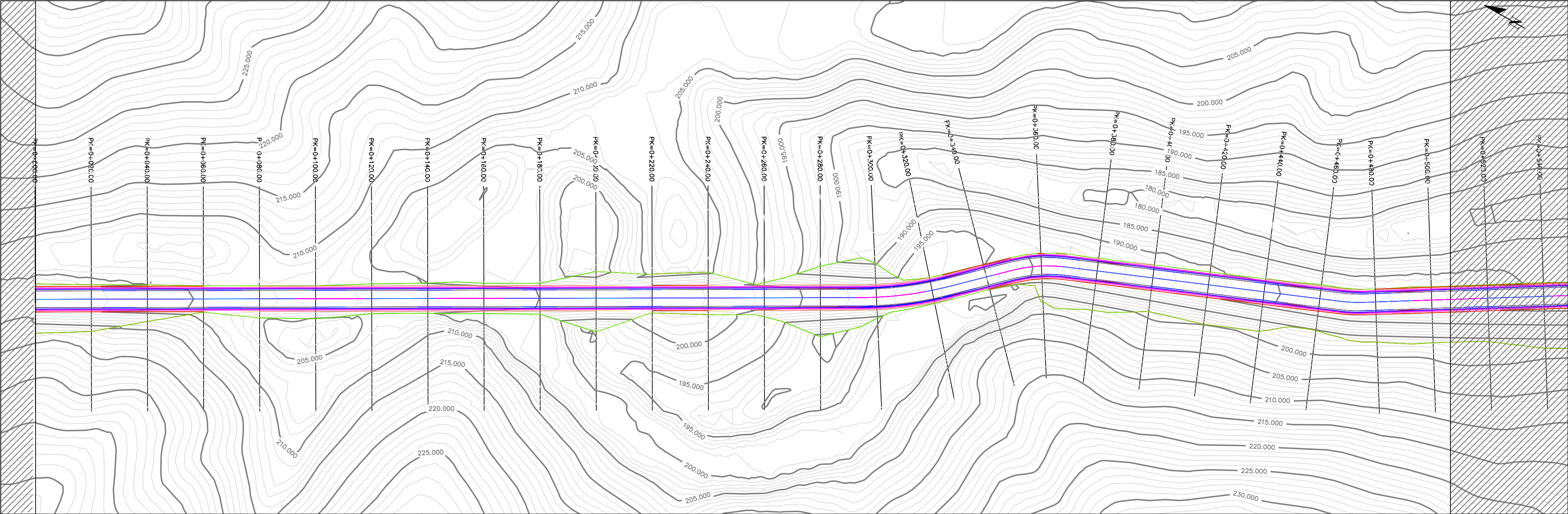
Plano 5. Perfiles transversales.

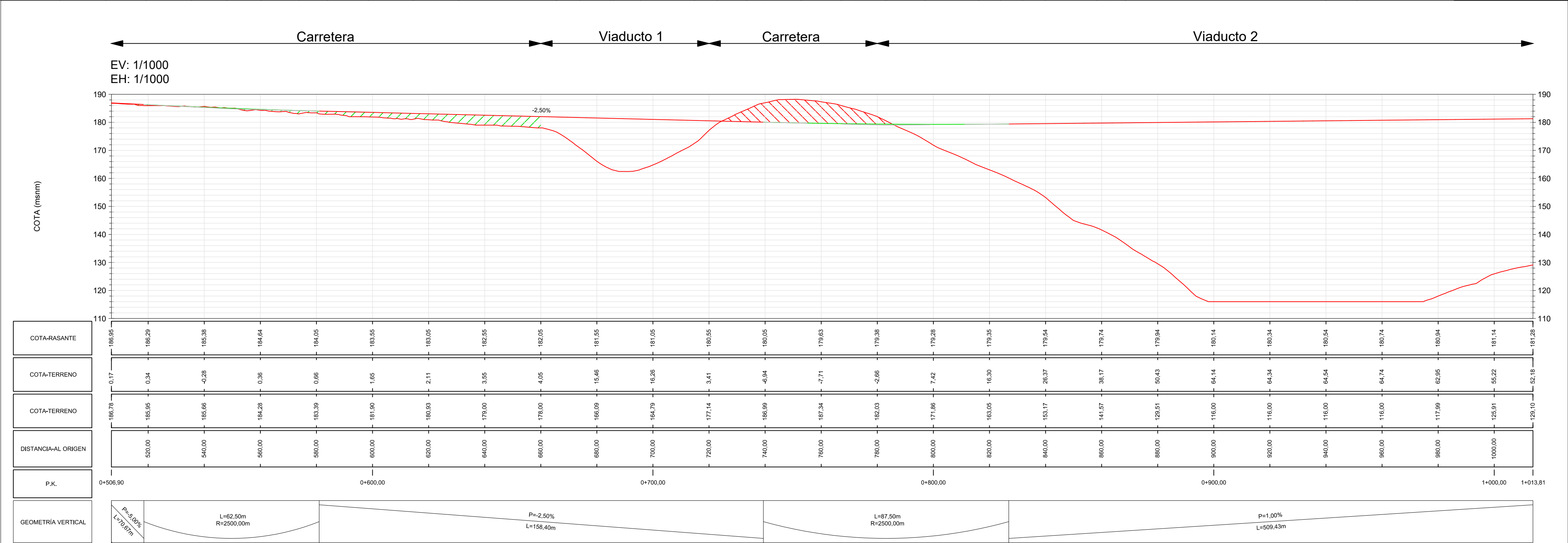
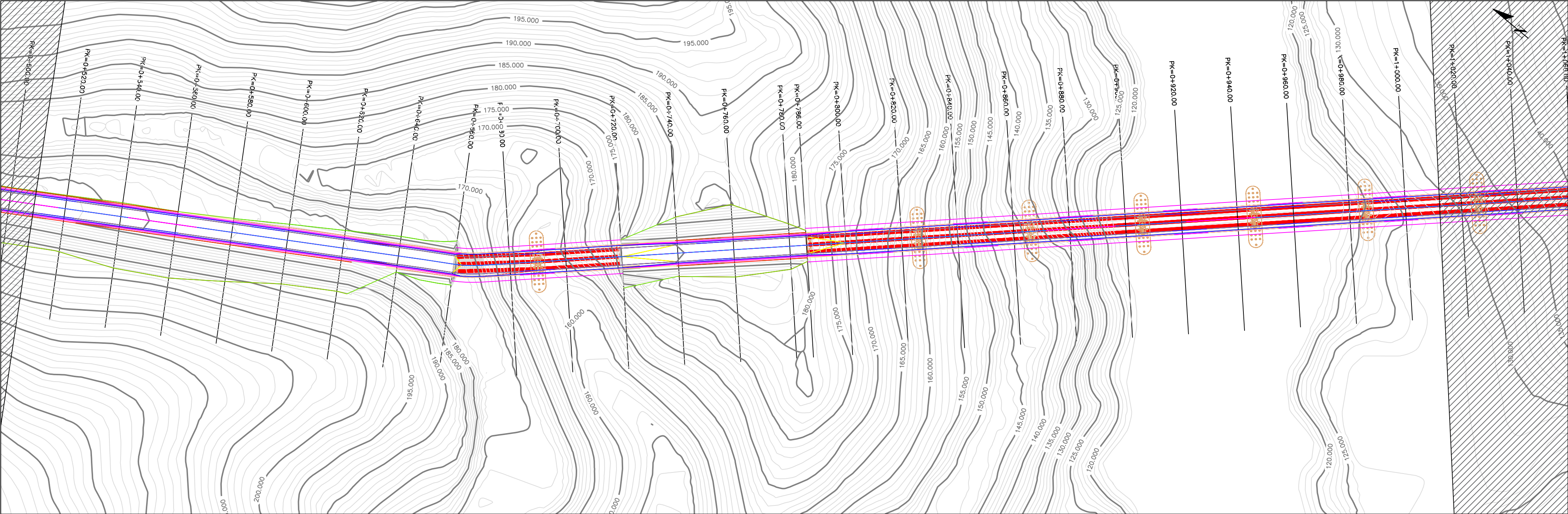
Plano 6. Secciones transversales tipo.

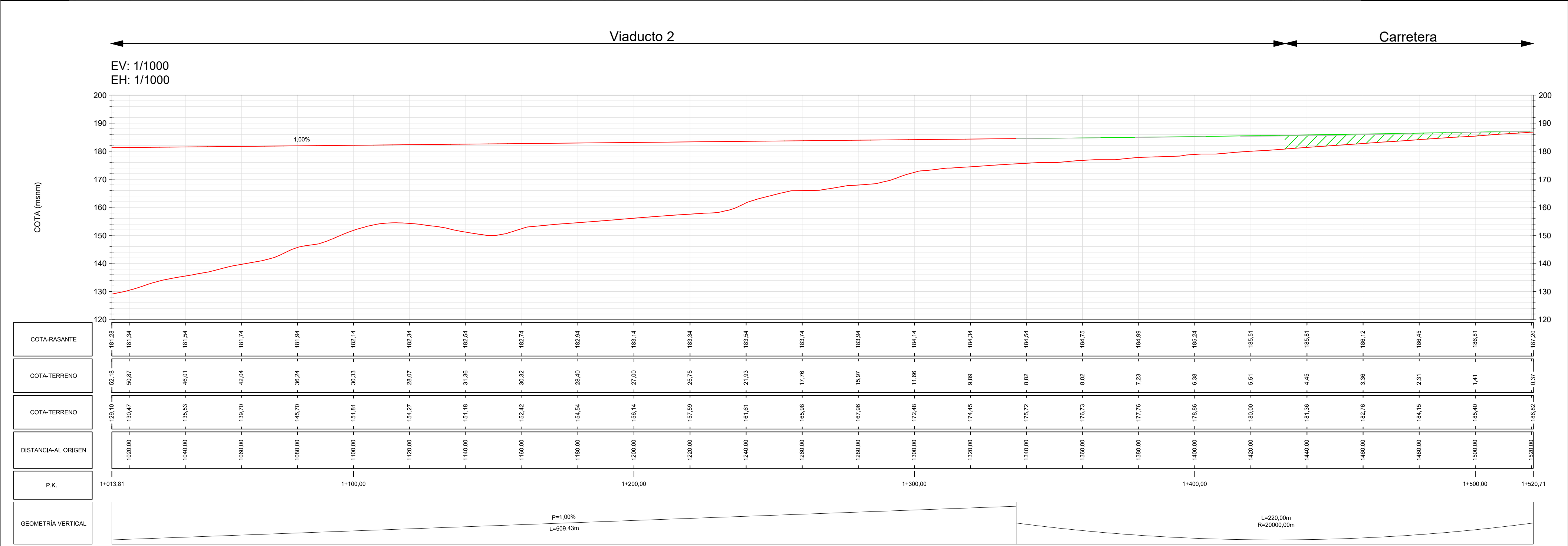
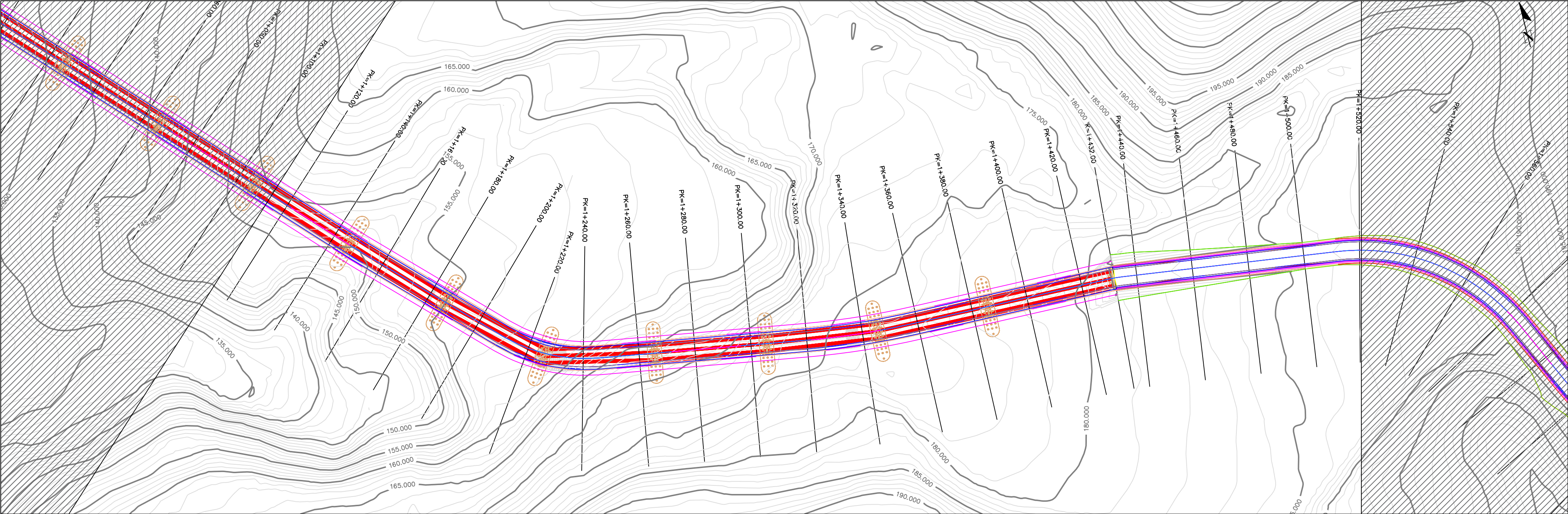


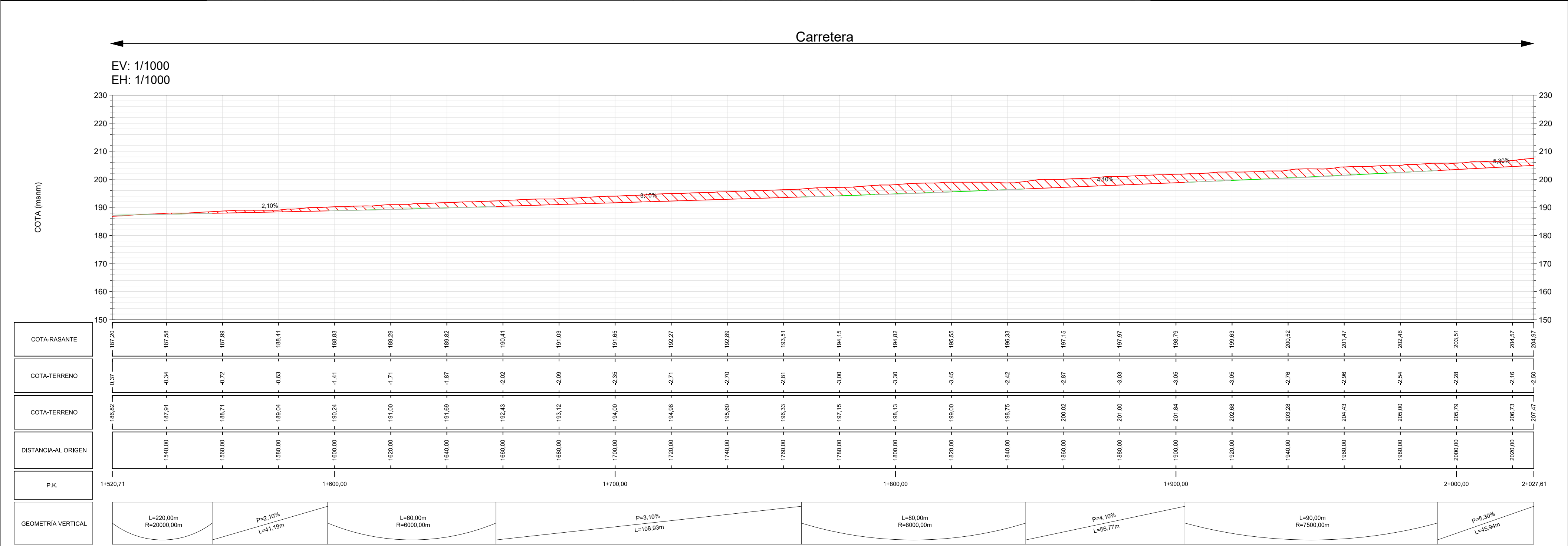


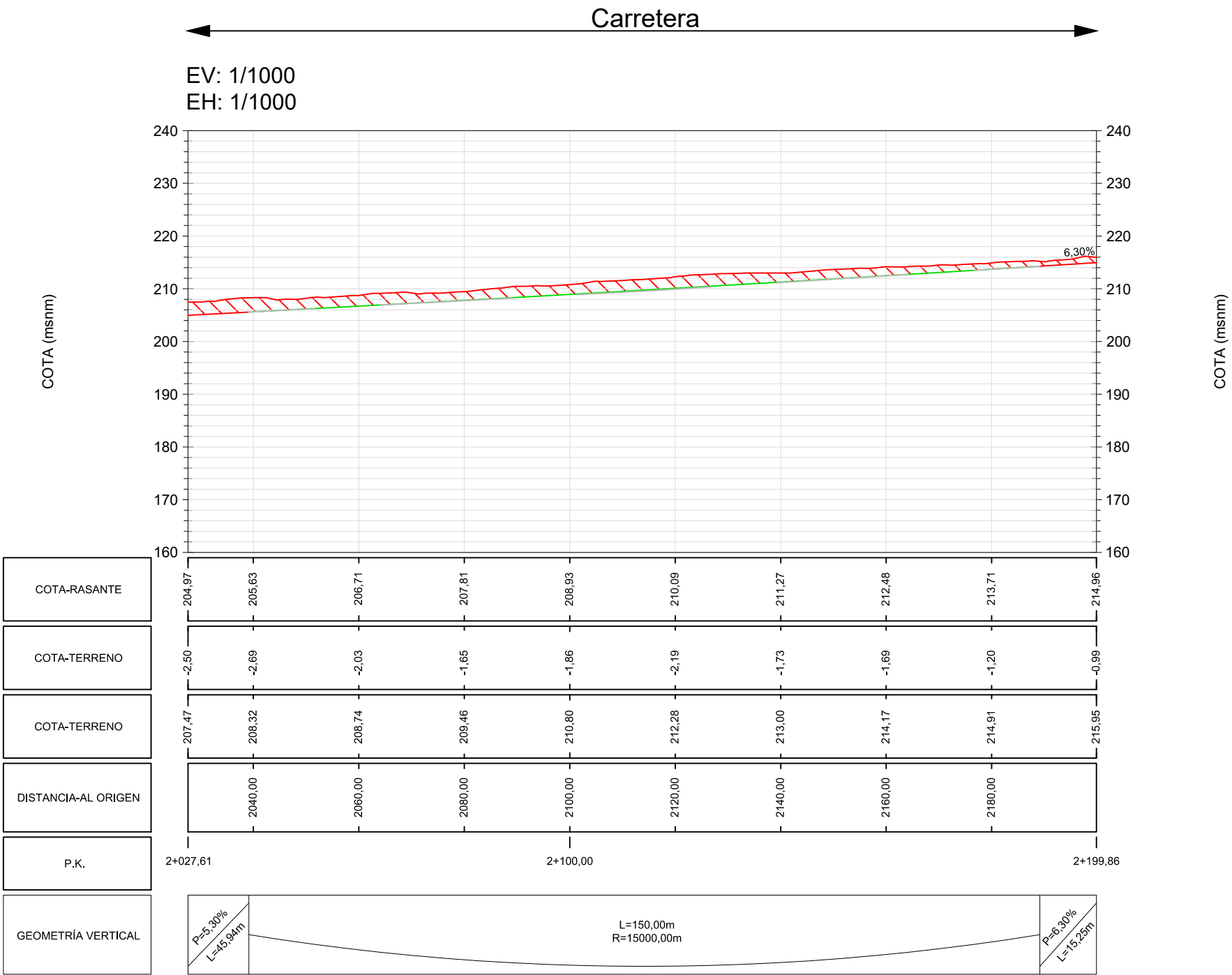
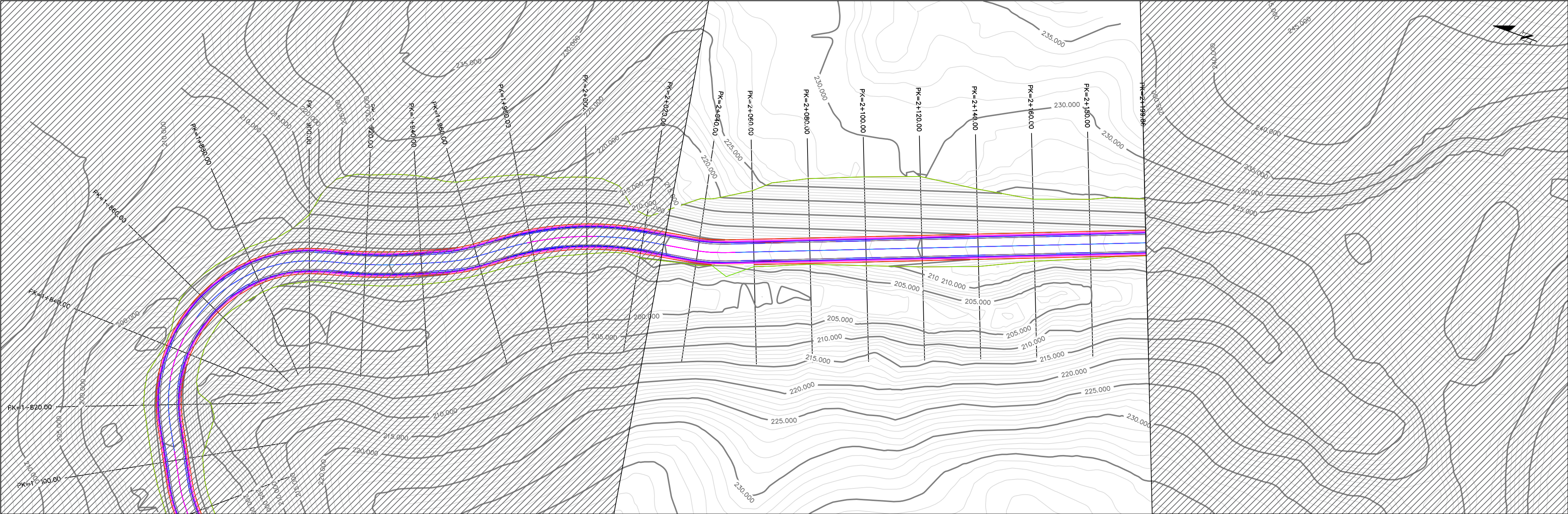


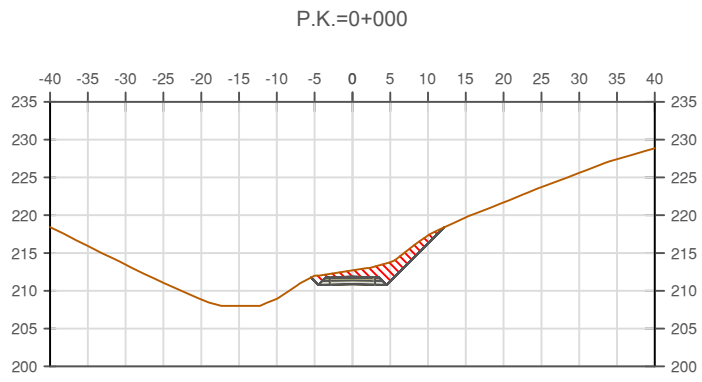




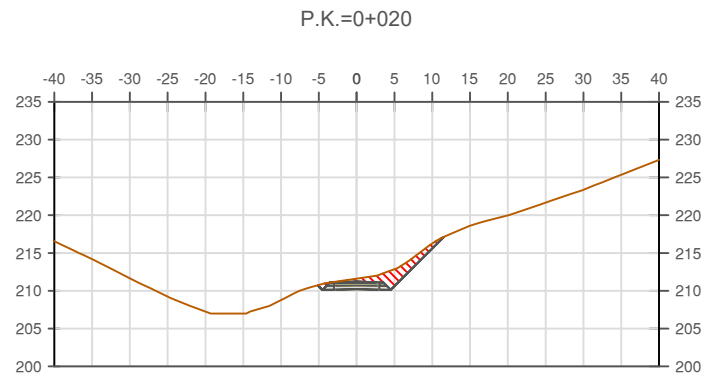




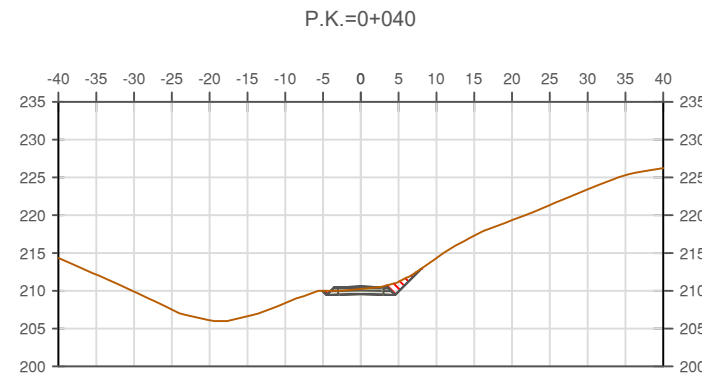




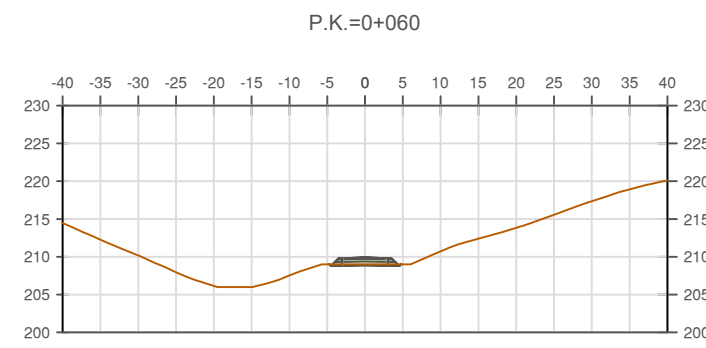
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	21.14	0.00	0.00
Terraplen	0.00	0.00	0.00



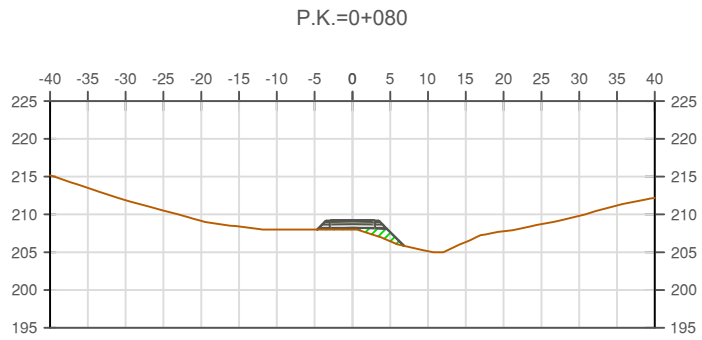
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	14.23	353.63	353.63
Terraplen	0.00	0.04	0.04



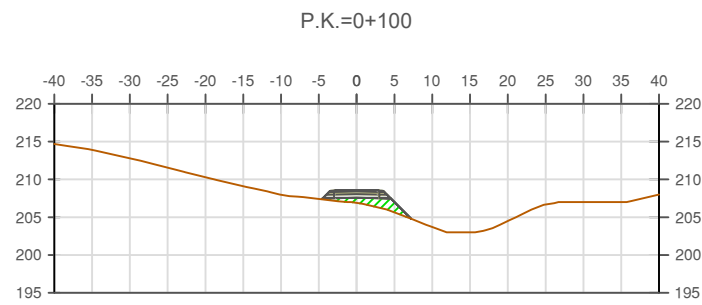
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	3.73	179.52	533.15
Terraplen	1.95	19.53	19.57



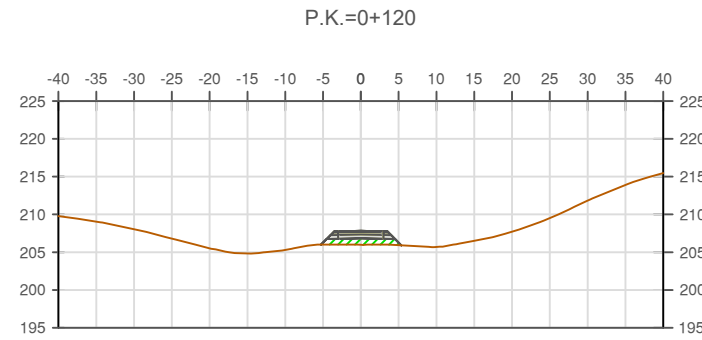
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.08	38.11	571.26
Terraplen	6.60	85.51	105.08



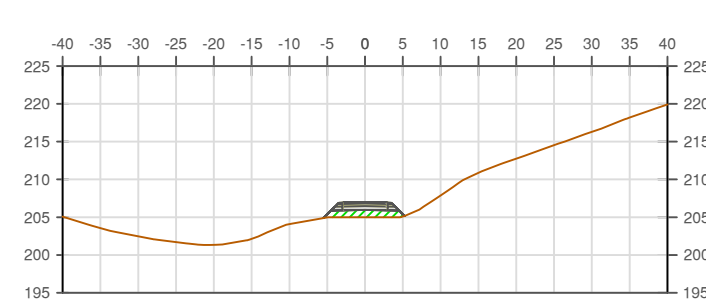
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.85	572.11
Terraplen	13.99	205.91	310.99



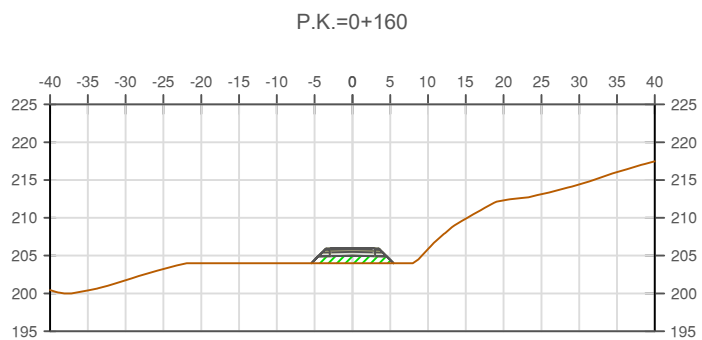
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	572.11
Terraplen	17.04	310.24	621.23



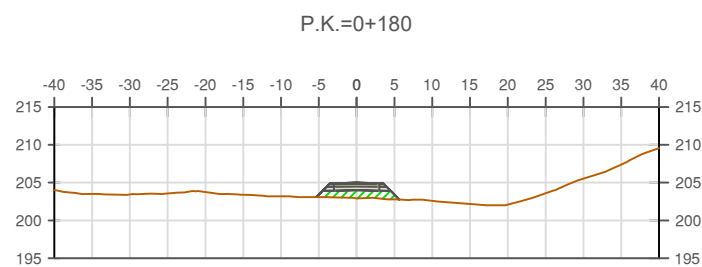
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	572.11
Terraplen	15.80	328.37	949.60



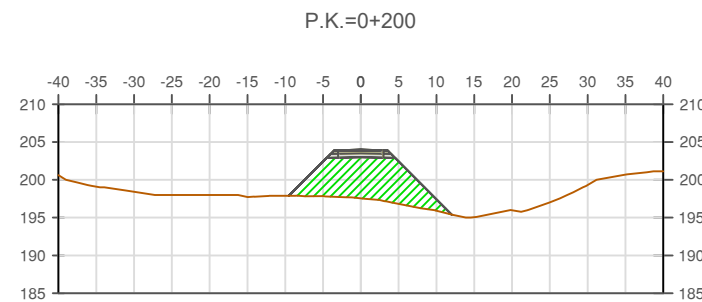
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	572.11
Terraplen	17.12	329.26	1278.86



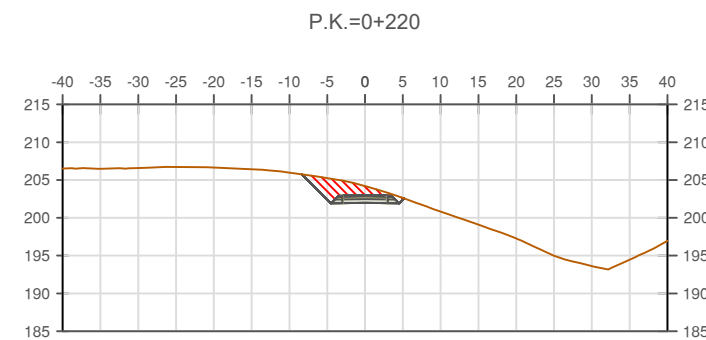
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	572.11
Terraplen	17.36	344.81	1623.67



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	572.11
Terraplen	17.77	351.27	1974.94

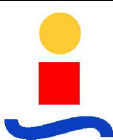


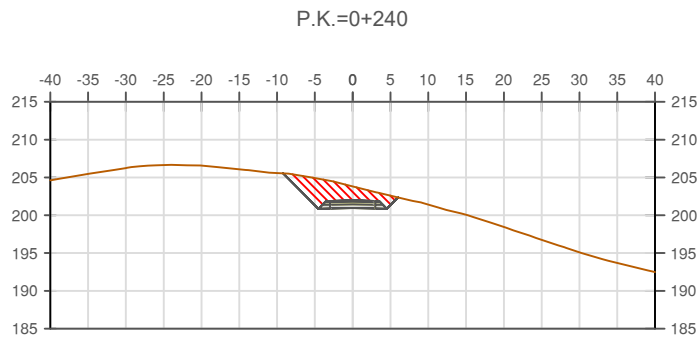
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	572.11
Terraplen	92.17	1099.38	3074.32



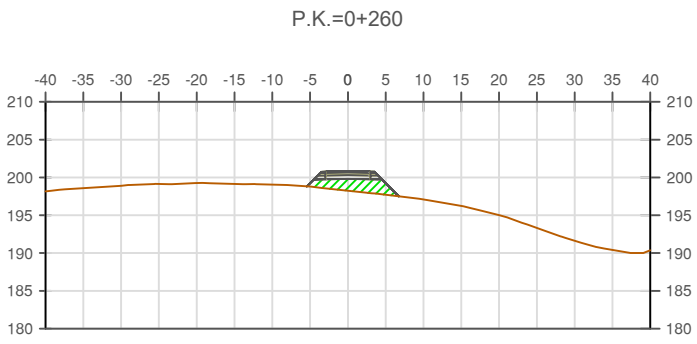
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	18.38	183.76	755.87
Terraplen	0.00	921.68	3996.00

Terraplén Desmorte Terreno natural Proyecto

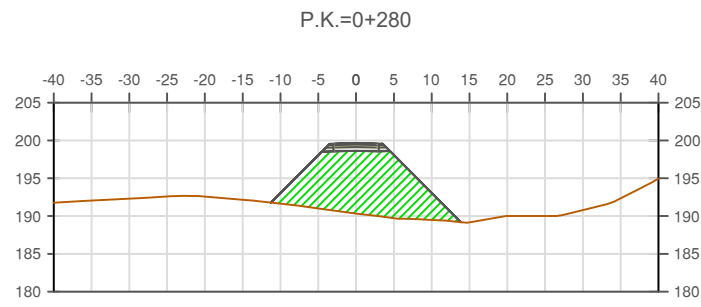




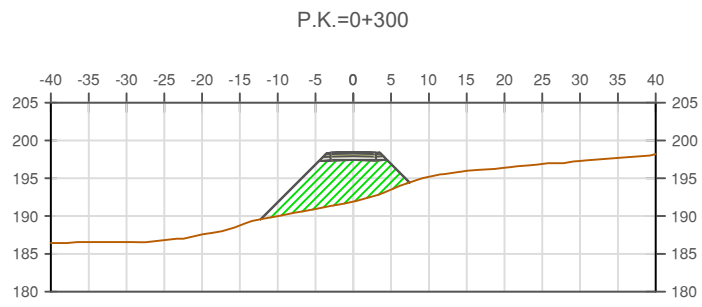
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	29.13	475.02	1230.89
Terraplen	0.00	0.00	3996.00



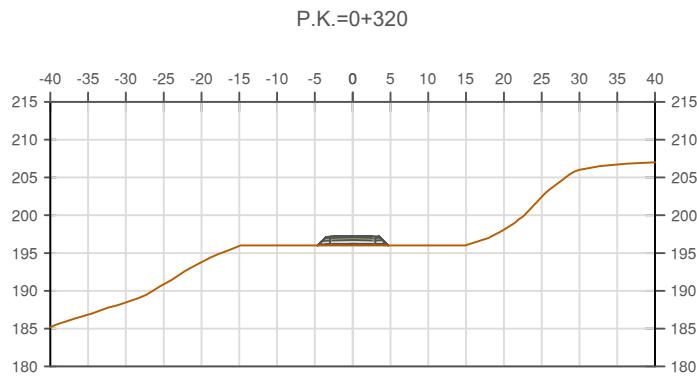
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	291.25	1522.14
Terraplen	24.47	244.72	4240.71



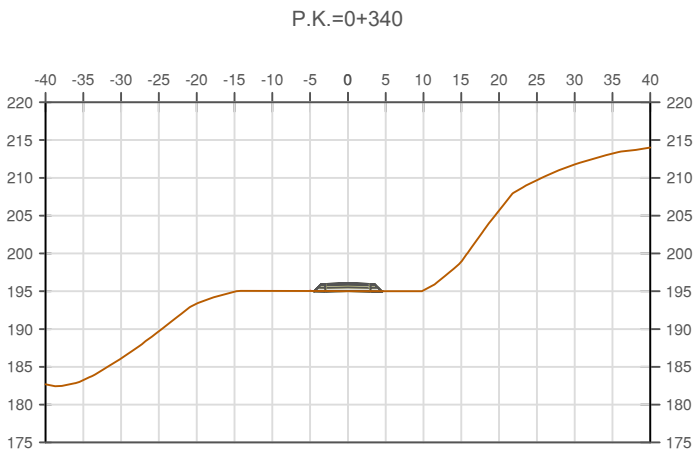
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	1522.14
Terraplen	148.73	1731.98	5972.69



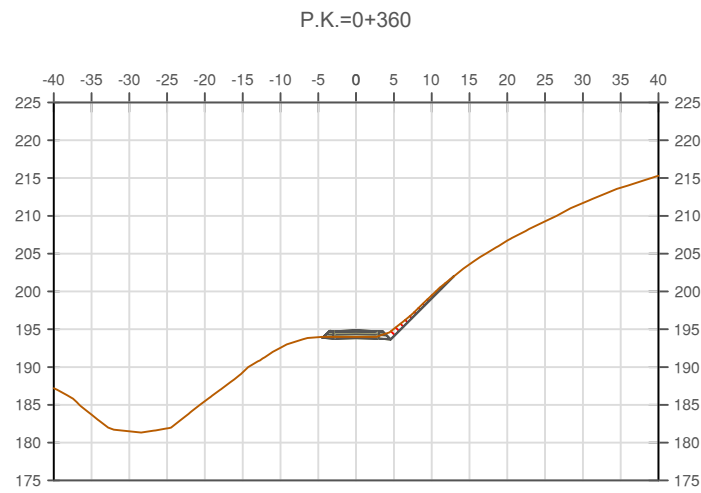
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	1522.14
Terraplen	86.81	2355.32	8328.01



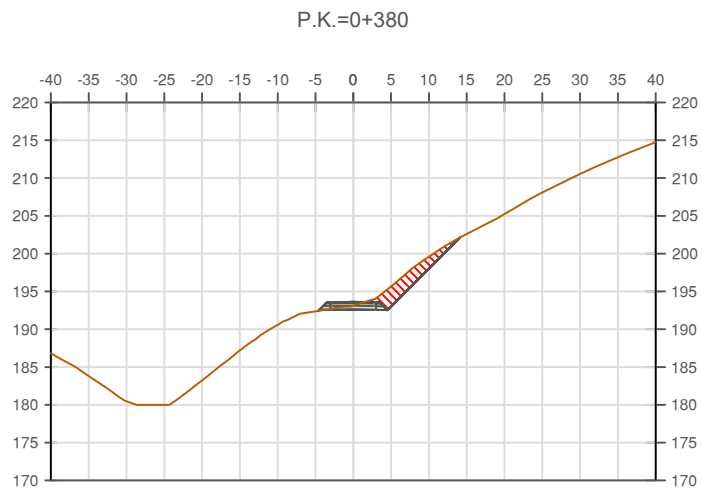
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	1522.14
Terraplen	9.64	964.43	9292.44



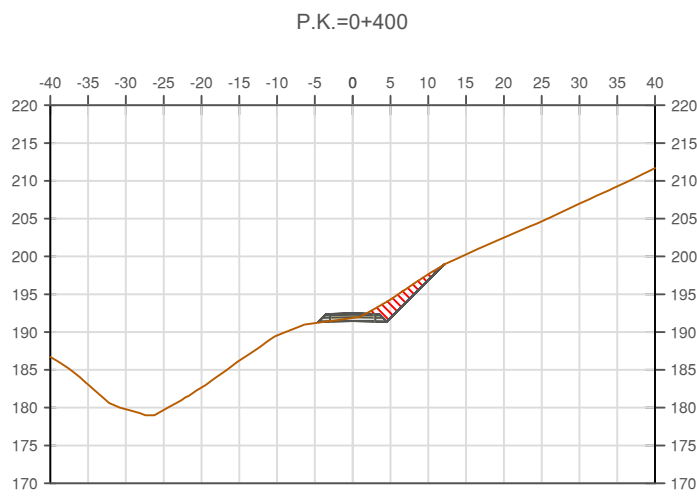
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.01	0.07	1522.21
Terraplen	7.70	173.37	9465.81



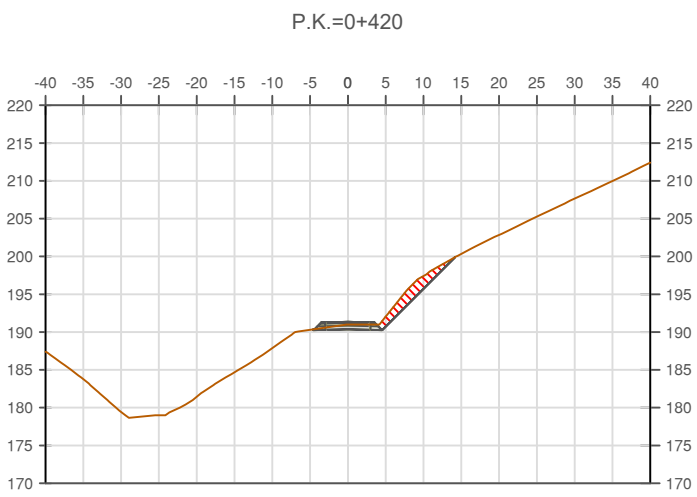
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	4.50	45.09	1567.30
Terraplen	5.77	134.66	9600.47



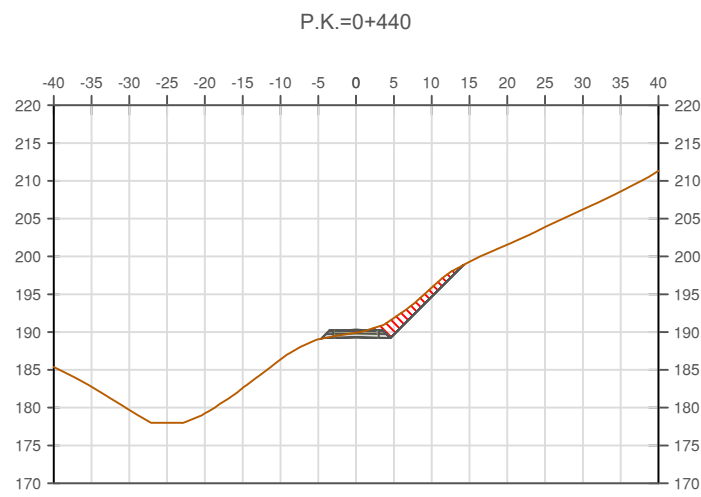
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	18.44	229.41	1796.71
Terraplen	3.39	91.62	9692.09



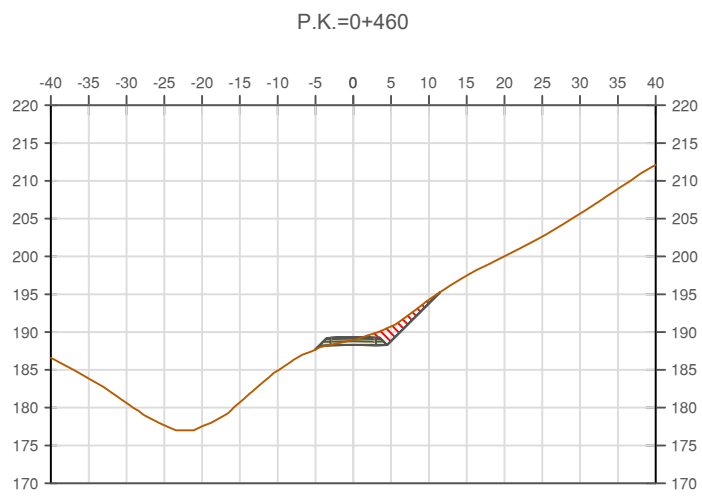
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	13.07	315.11	2111.82
Terraplen	4.03	74.27	9766.36



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	13.53	266.01	2377.83
Terraplen	3.39	74.21	9840.57



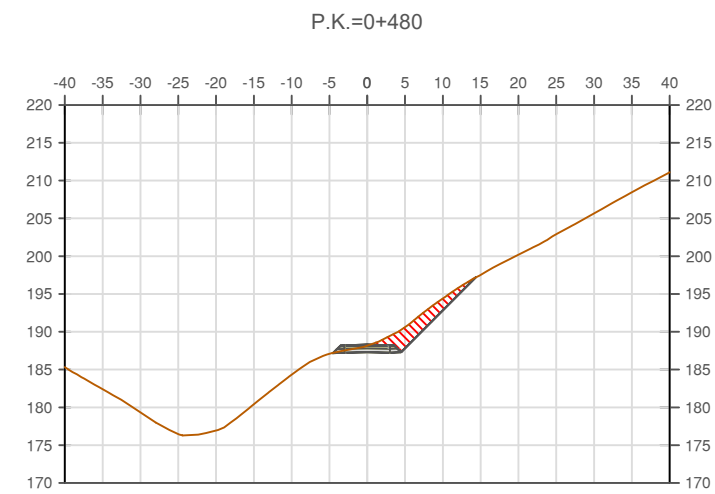
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	14.23	277.63	2655.46
Terraplen	3.02	64.04	9904.61



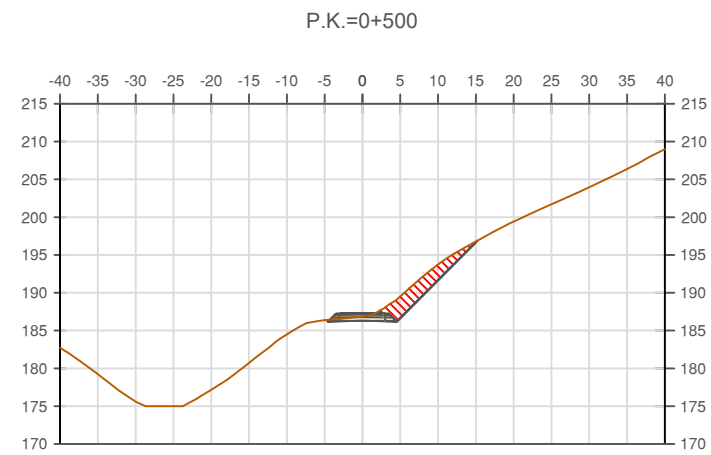
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	9.44	236.76	2892.23
Terraplen	3.26	62.77	9967.38

 Terraplén  Desmorte  Terreno natural  Proyecto

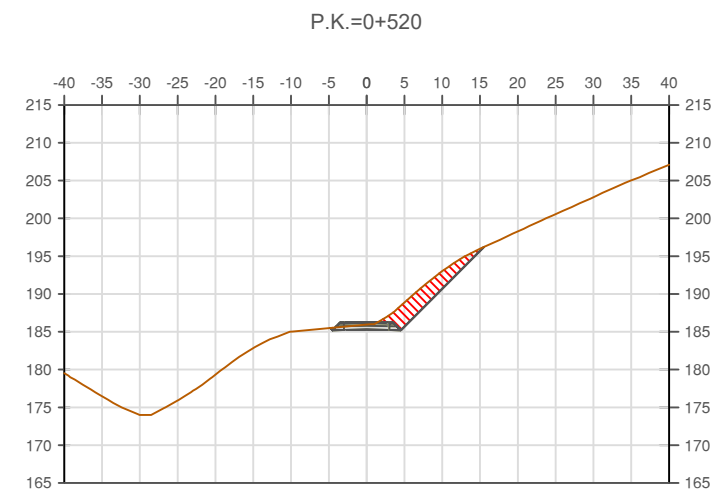




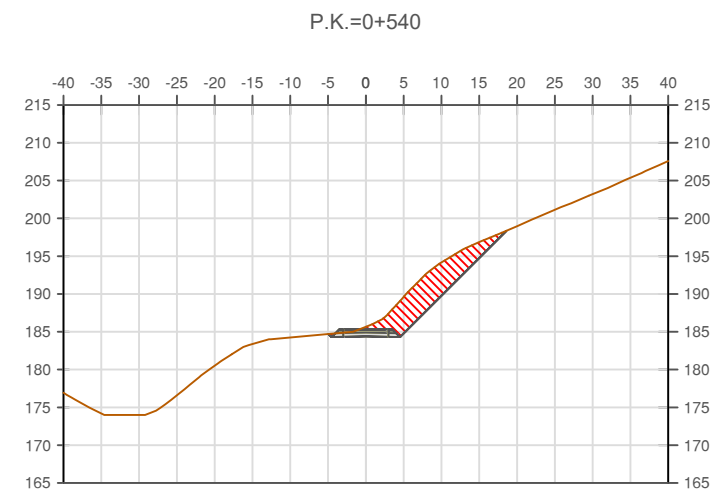
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	20.41	298.55	3190.77
Terraplen	2.12	53.77	10021.16



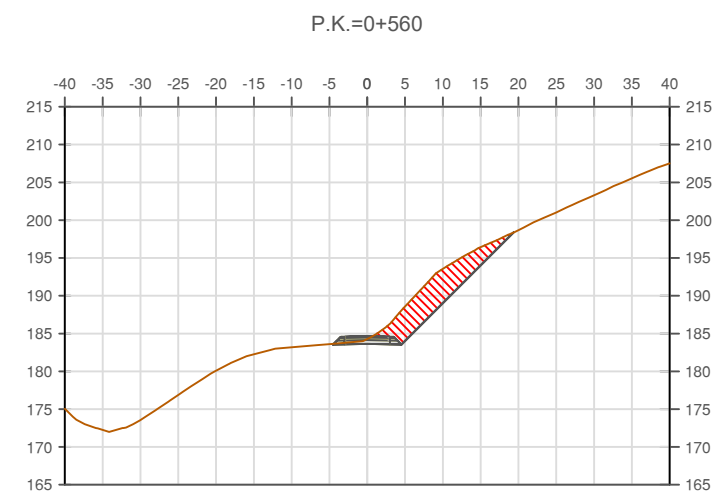
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	22.95	433.62	3624.39
Terraplen	2.77	48.82	10069.97



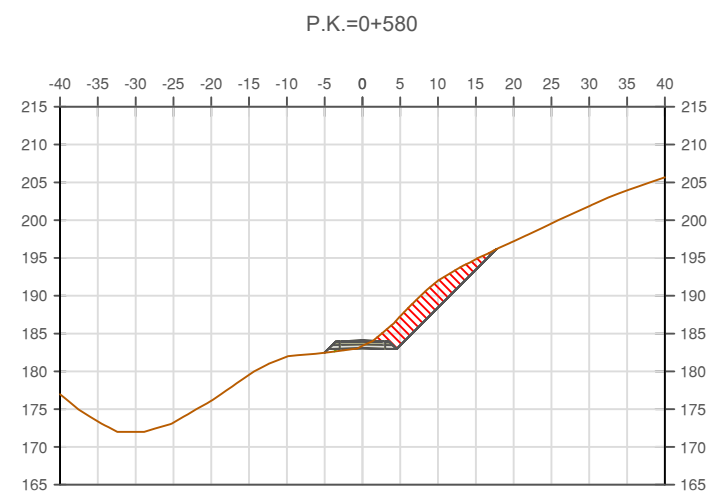
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	26.67	496.17	4120.56
Terraplen	2.19	49.53	10119.50



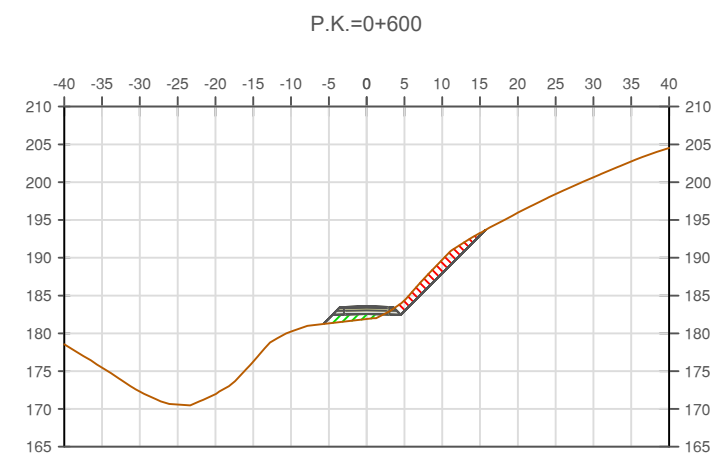
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	55.22	818.87	4939.44
Terraplen	1.05	32.35	10151.85



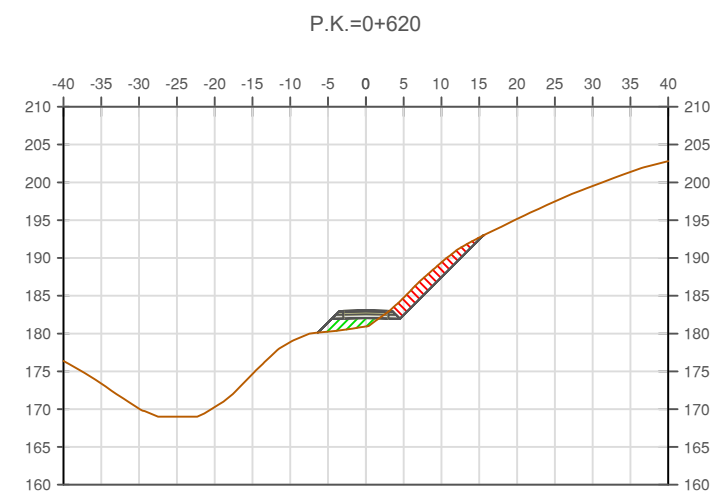
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	54.76	1099.78	6039.22
Terraplen	2.91	39.56	10191.42



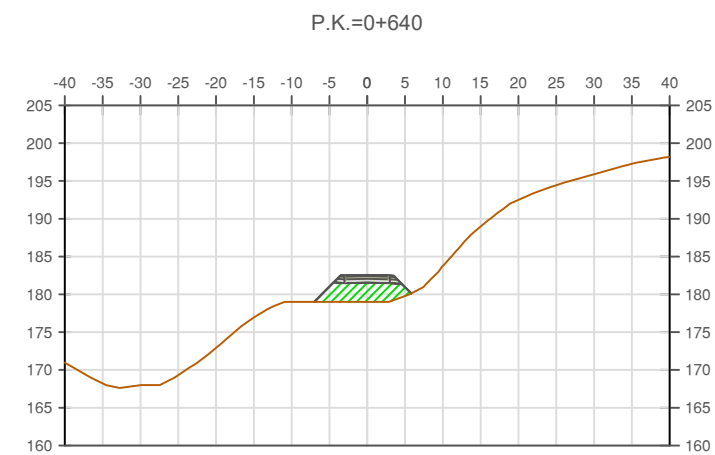
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	40.28	950.33	6989.55
Terraplen	5.31	82.12	10273.54



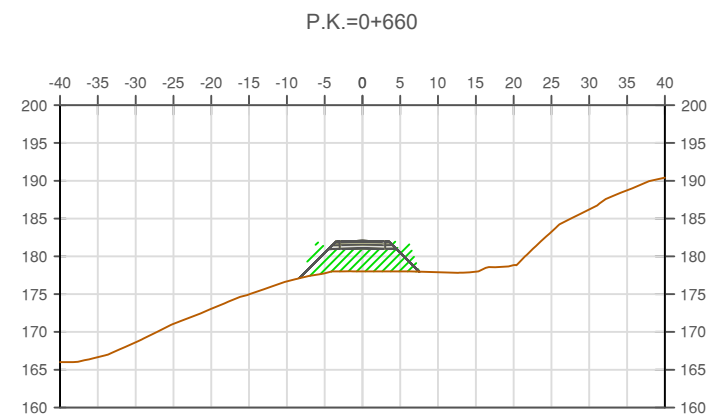
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	16.16	564.32	7553.87
Terraplen	12.61	179.13	10452.67



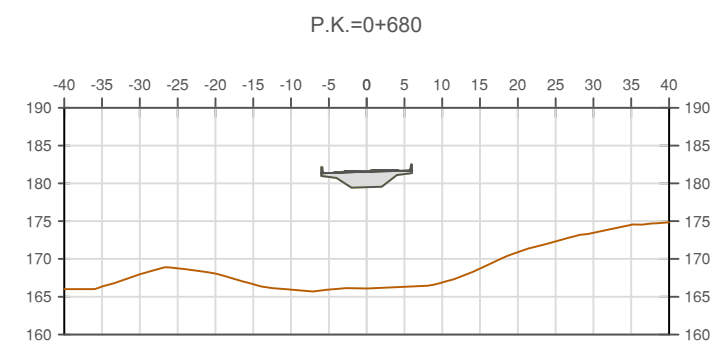
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	20.23	363.90	7917.77
Terraplen	15.40	280.03	10732.70



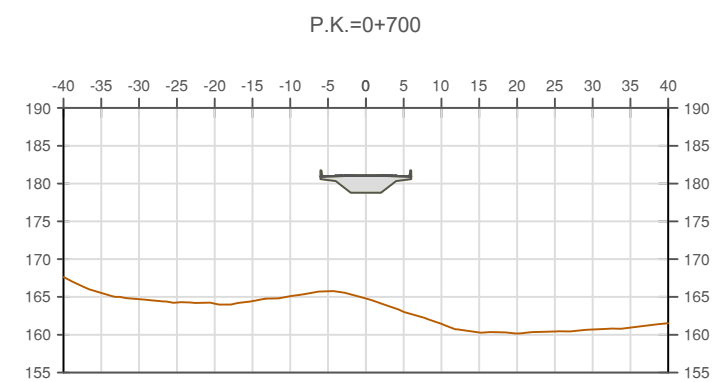
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	202.33	8120.10
Terraplen	34.50	498.96	11231.66



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	8120.10
Terraplen	55.35	898.50	12130.16

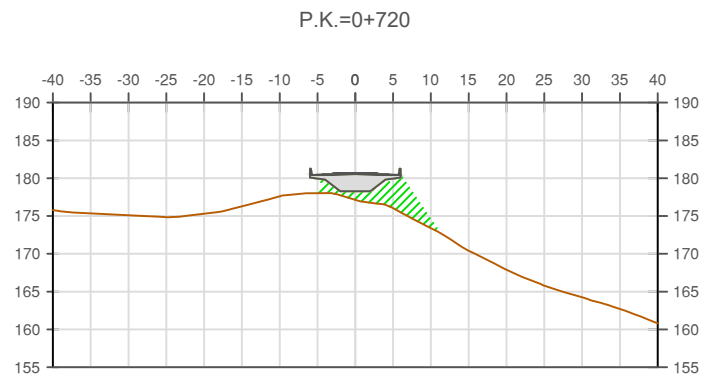


Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	8120.10
Terraplen	0.00	0.00	12130.16

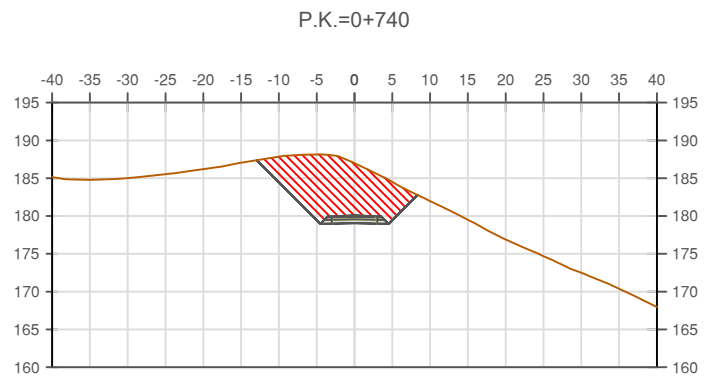


Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	0.00	0.00	8120.10
Terraplen	0.00	0.00	12130.16

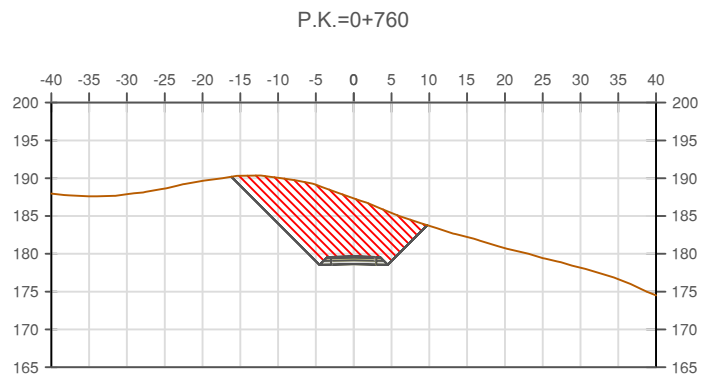
Terraplén Desmorte Terreno natural Proyecto



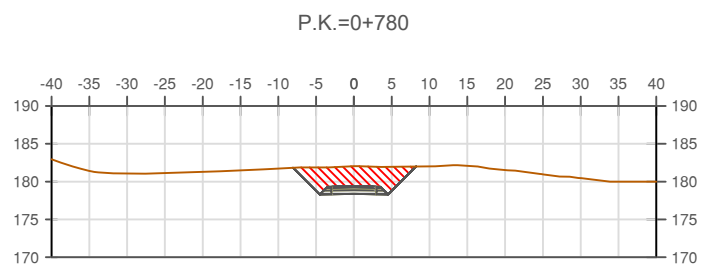
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	8120.10
Terraplen	49.78	0.00	12130.16



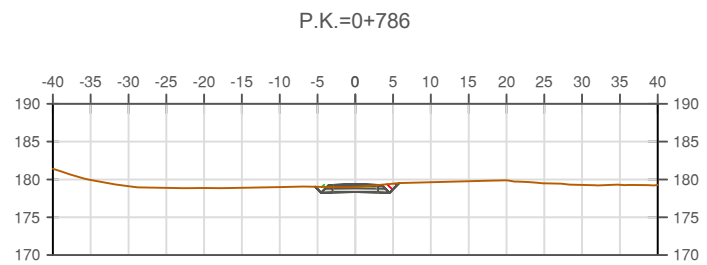
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	113.53	1135.35	9255.44
Terraplen	0.00	497.77	12627.93



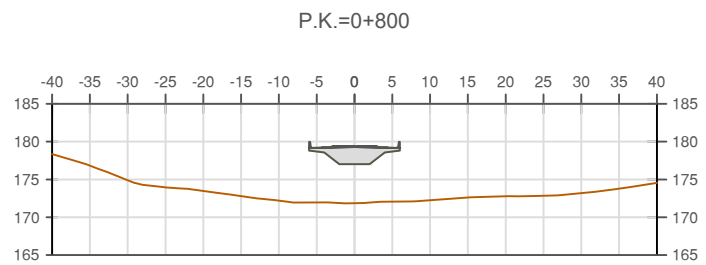
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	154.29	2678.27	11933.71
Terraplen	0.00	0.00	12627.93



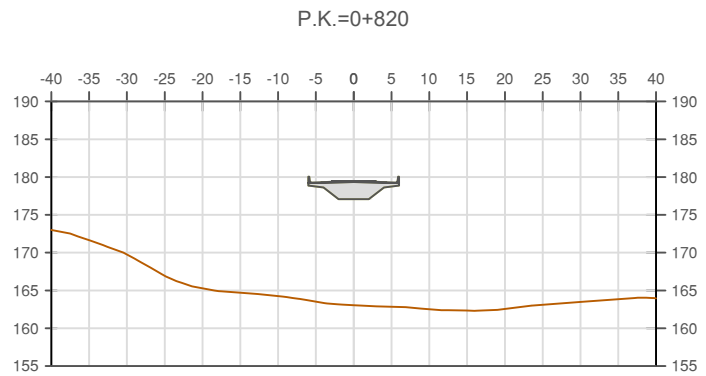
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	37.90	1921.97	13855.68
Terraplen	0.00	0.00	12627.93



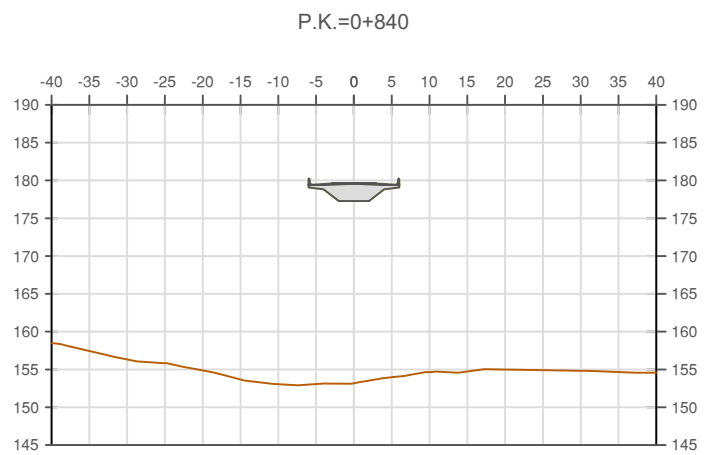
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	1.21	117.31	13972.99
Terraplen	1.89	5.67	12633.60



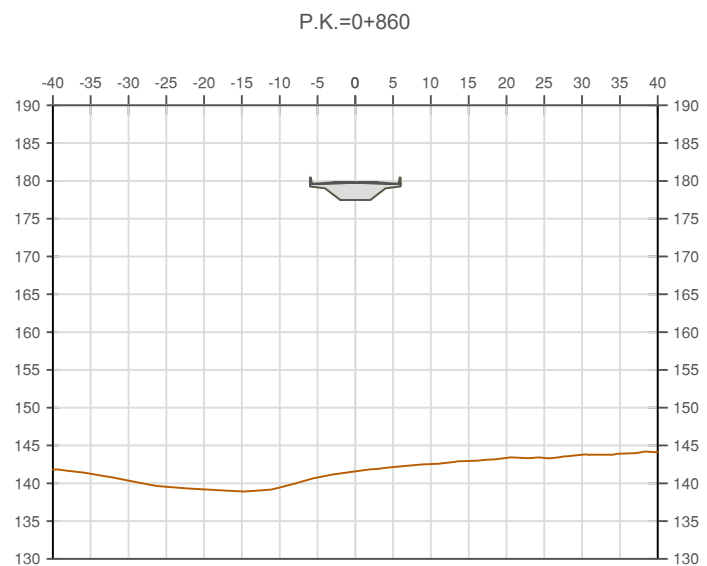
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60

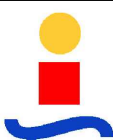


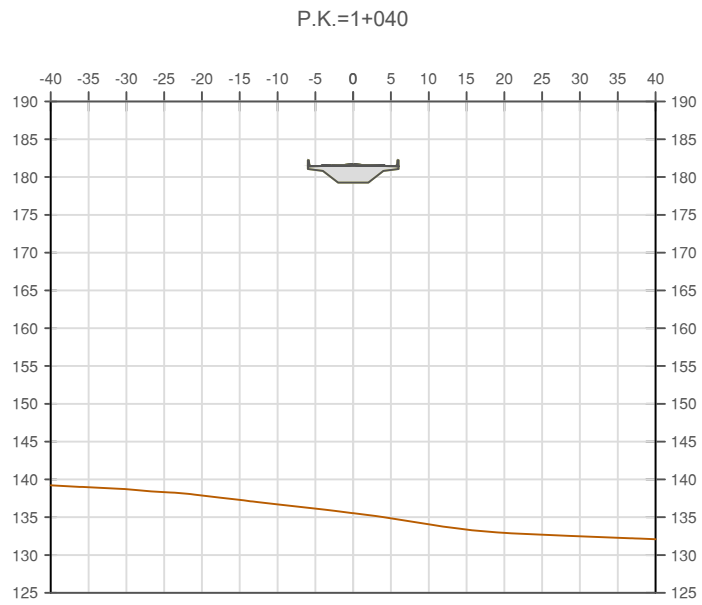
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



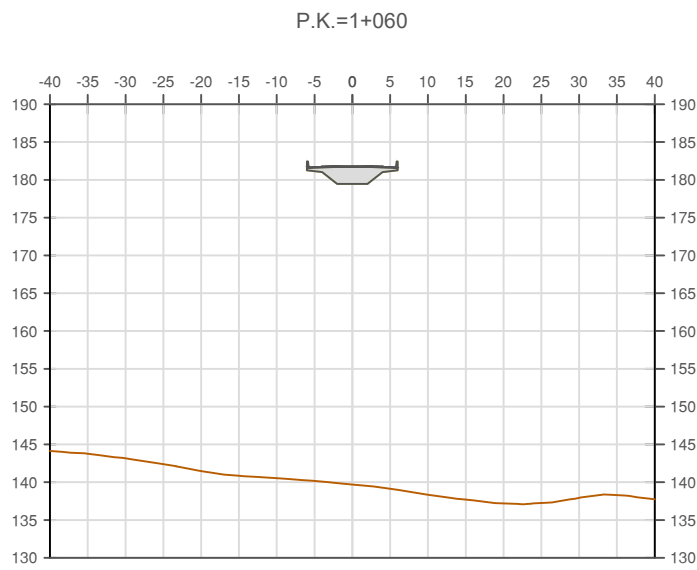
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60

Terraplén Desmonte Terreno natural Proyecto

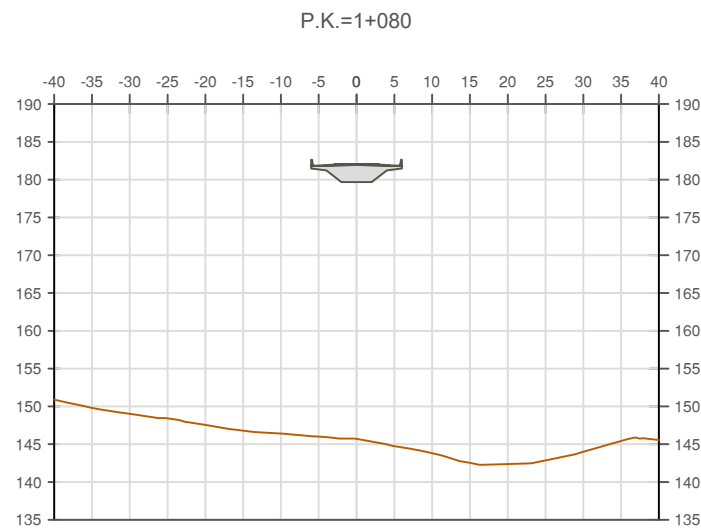




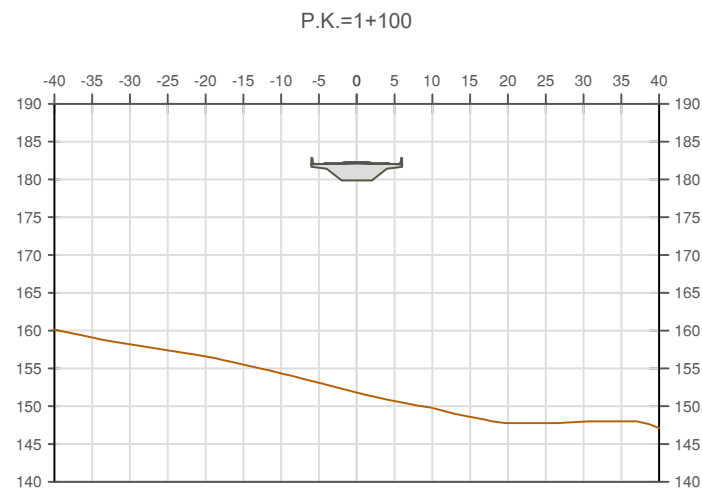
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



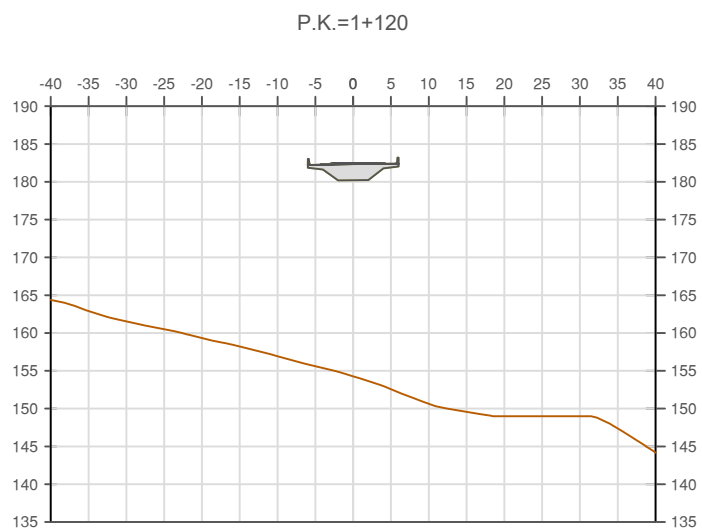
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



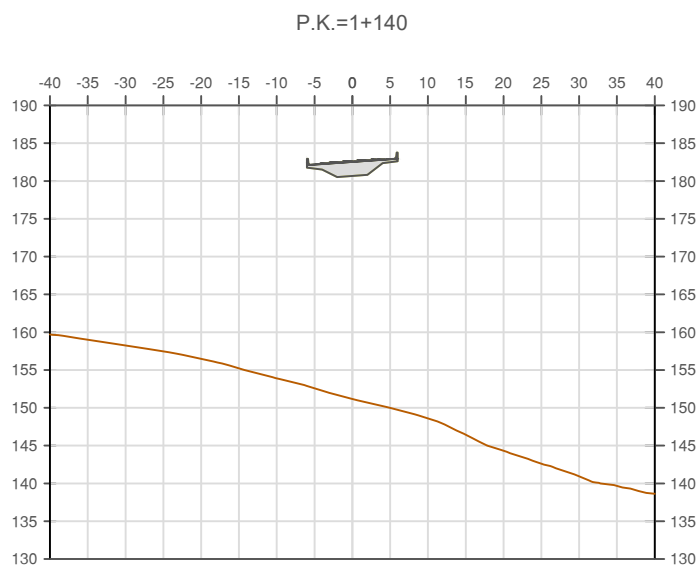
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



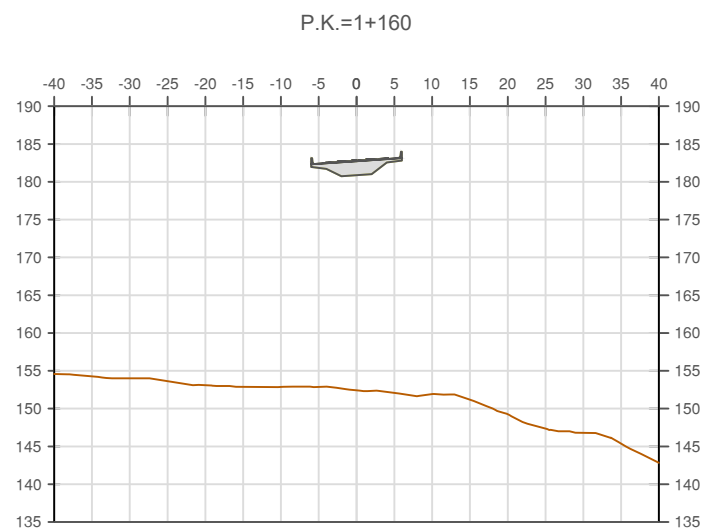
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



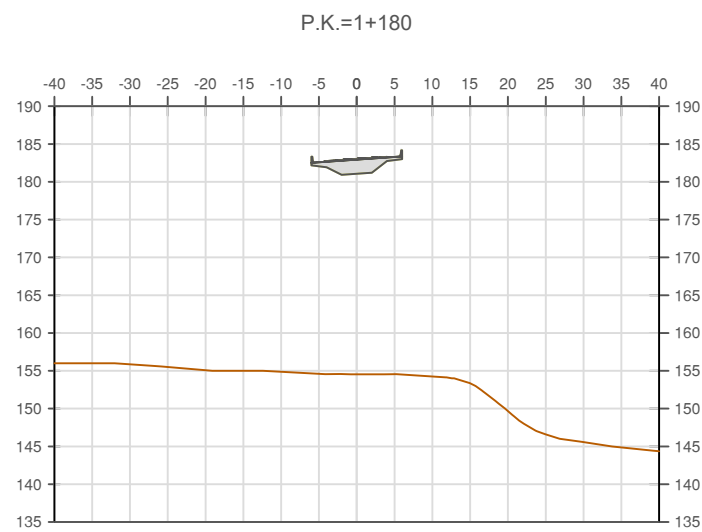
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60

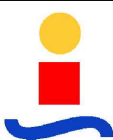


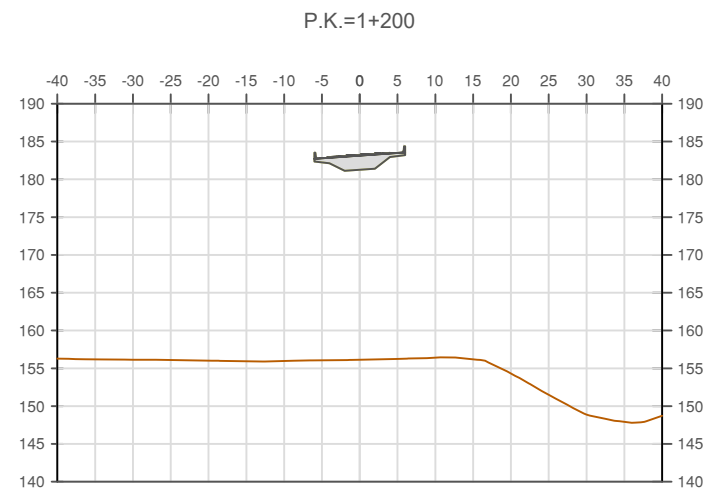
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



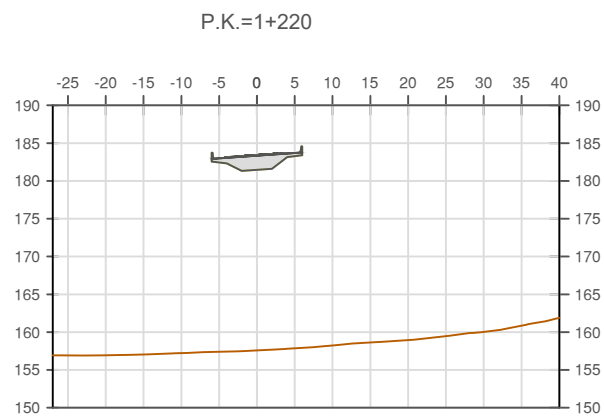
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60

 Terraplén  Desmonte  Terreno natural  Proyecto

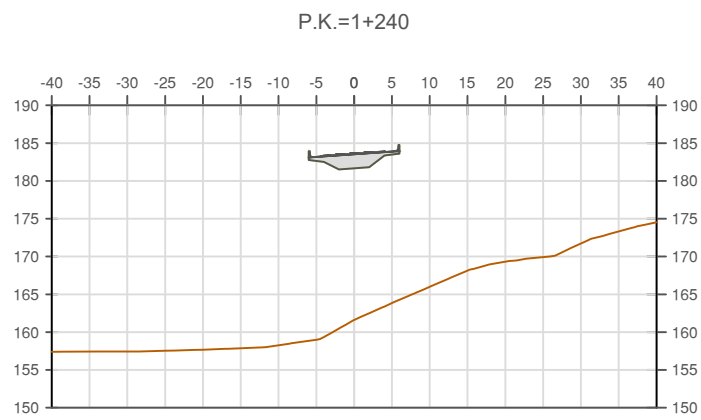




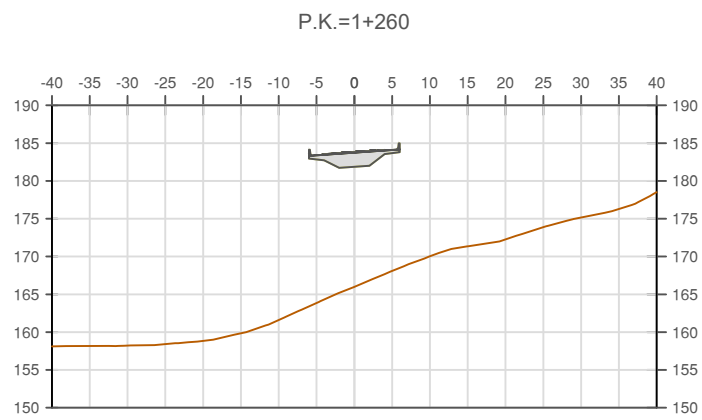
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



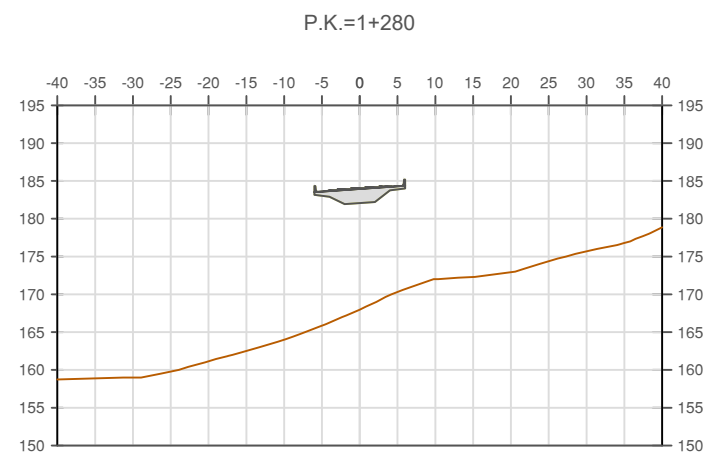
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



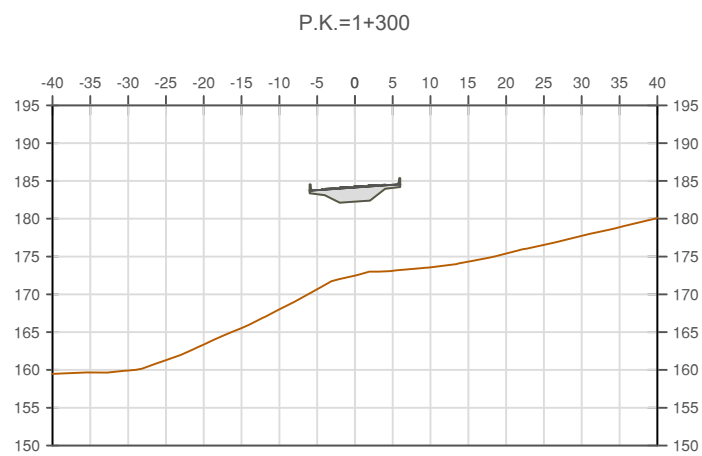
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



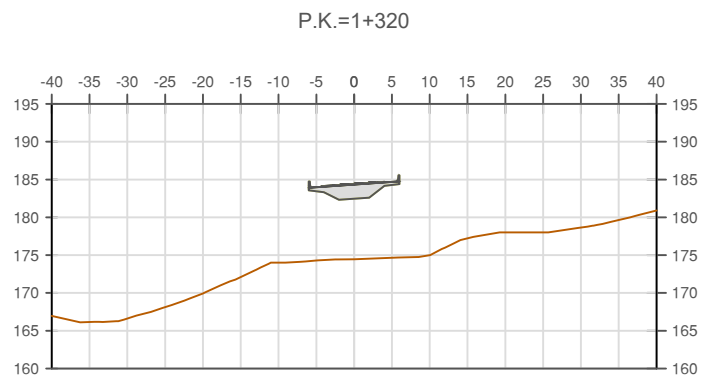
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



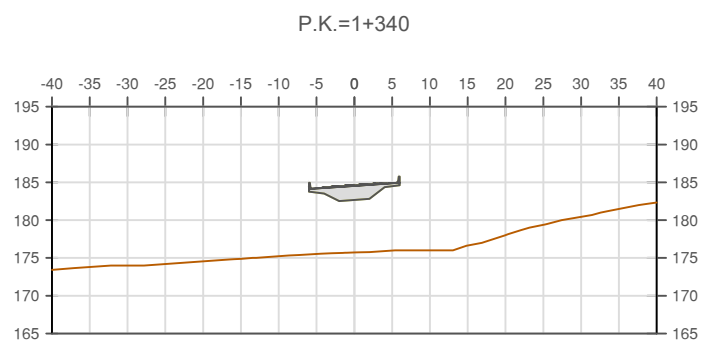
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



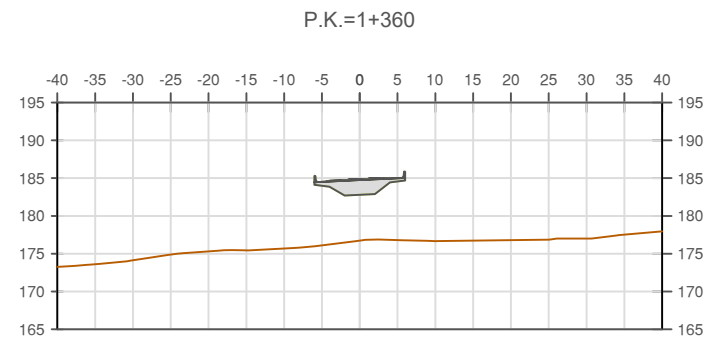
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



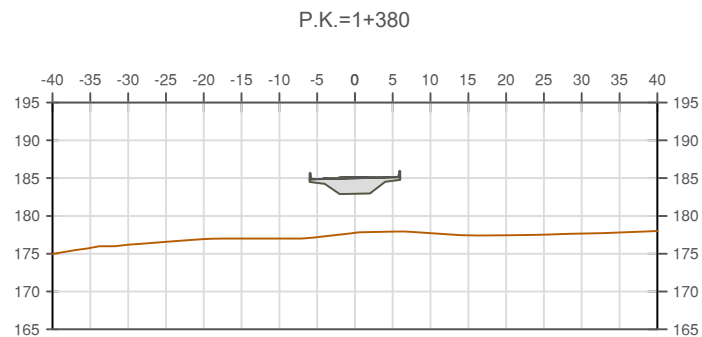
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



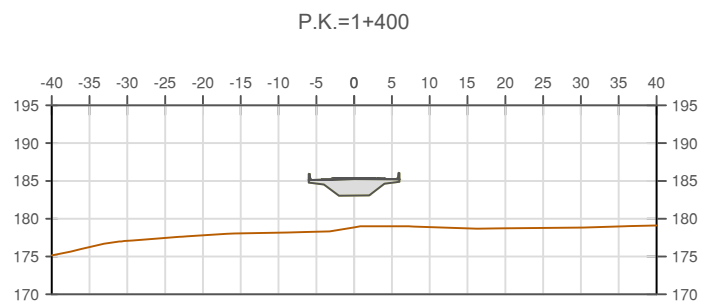
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



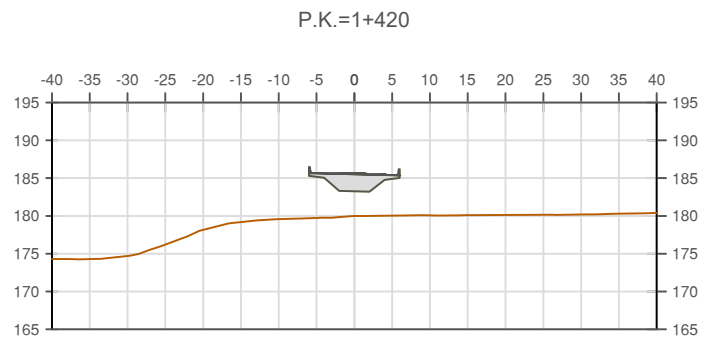
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60

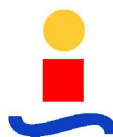


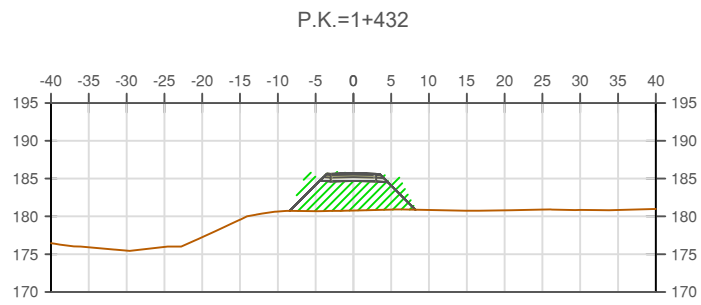
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60



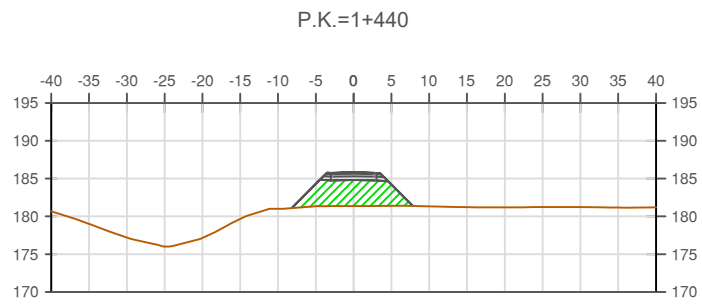
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	0.00	0.00	12633.60

 Terraplen  Desmonte  Terreno natural  Proyecto

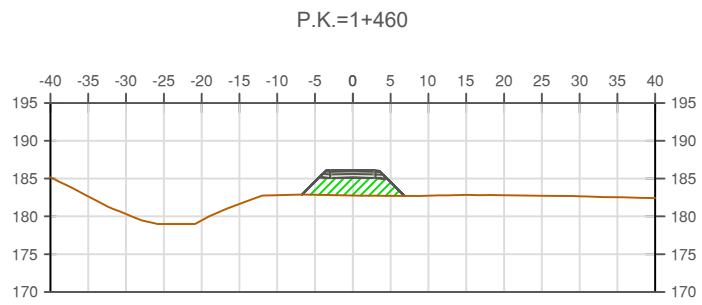




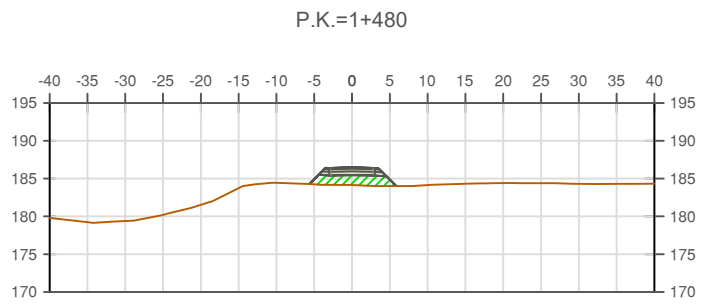
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	68.73	0.00	12633.60



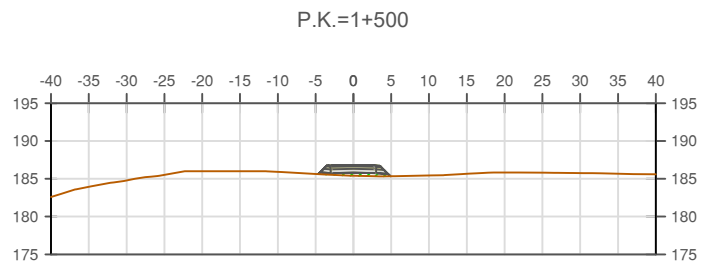
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	50.42	476.48	13110.08



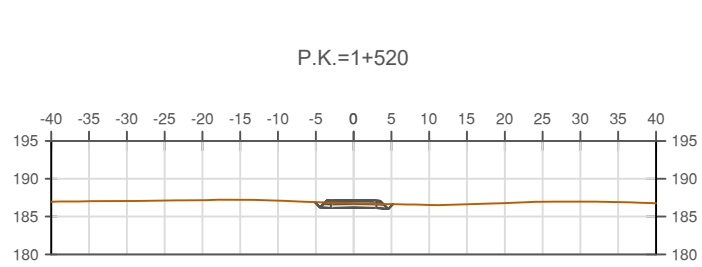
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	33.94	843.65	13953.73



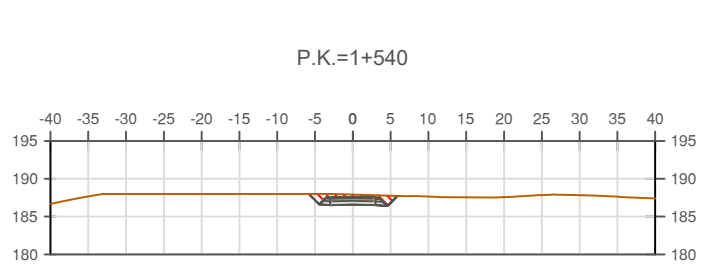
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	21.34	552.82	14506.55



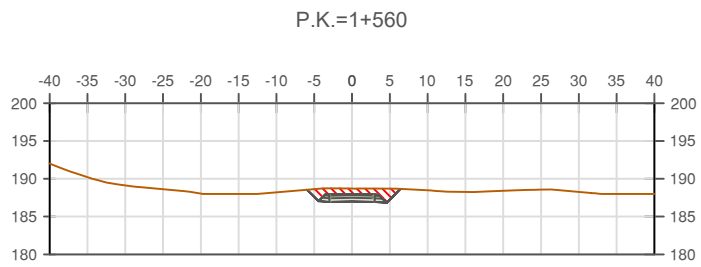
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.00	0.00	13972.99
Terraplen	11.22	325.64	14832.19



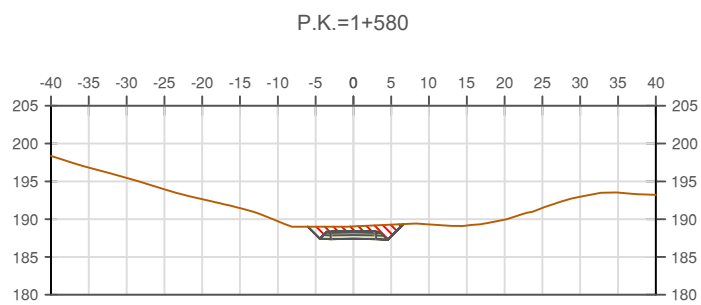
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	0.84	8.38	13981.37
Terraplen	2.82	140.40	14972.59



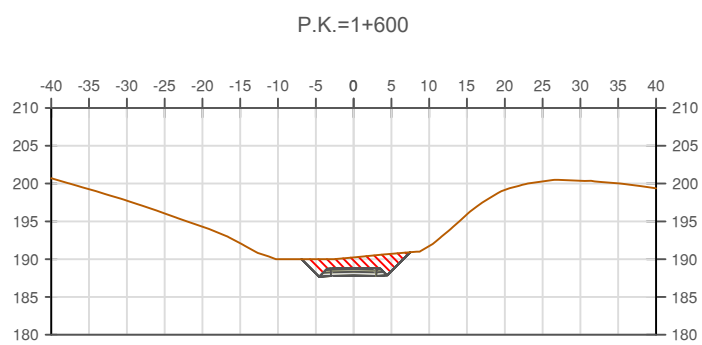
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	6.22	70.57	14051.94
Terraplen	0.00	28.15	15000.74



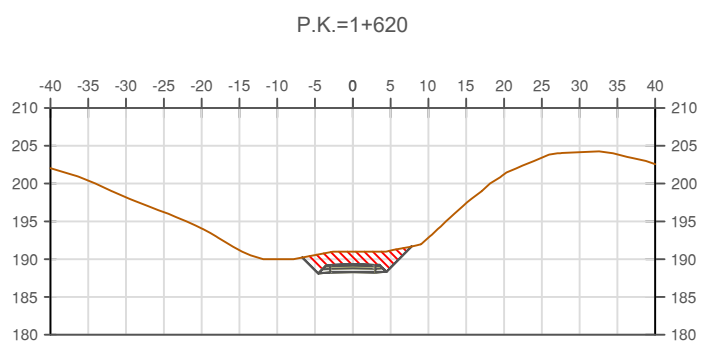
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	10.86	170.81	14222.75
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



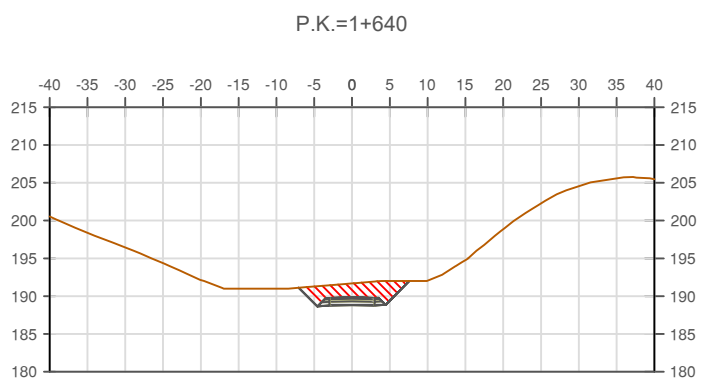
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	10.64	215.00	14437.75
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	21.19	318.29	14756.04
Terraplen	0.00	0.00	15000.74

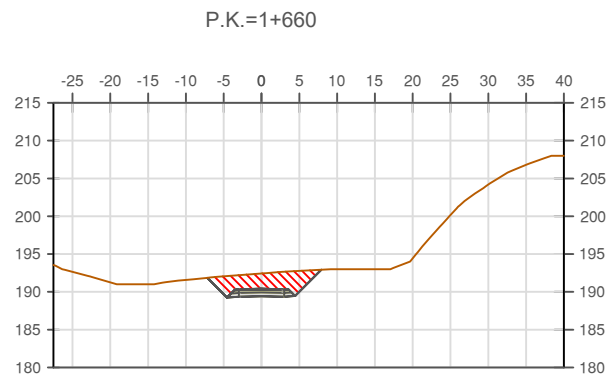


Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	23.55	447.41	15203.45
Terraplen	0.00	0.00	15000.74

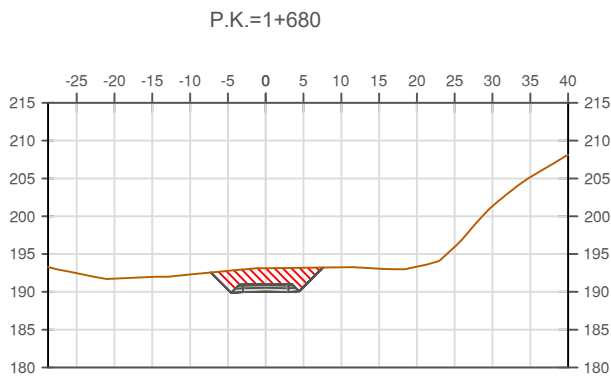


Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	26.41	499.62	15703.07
Terraplen	0.00	0.00	15000.74

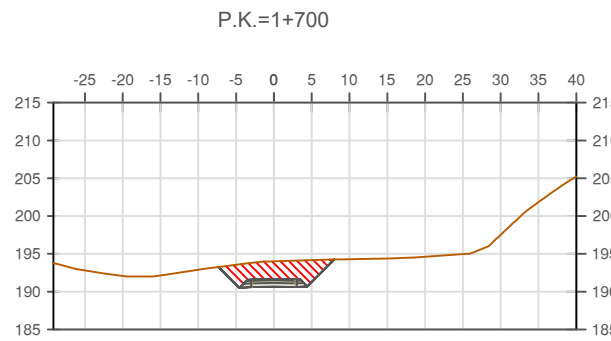
Terraplen Desmonte Terreno natural Proyecto



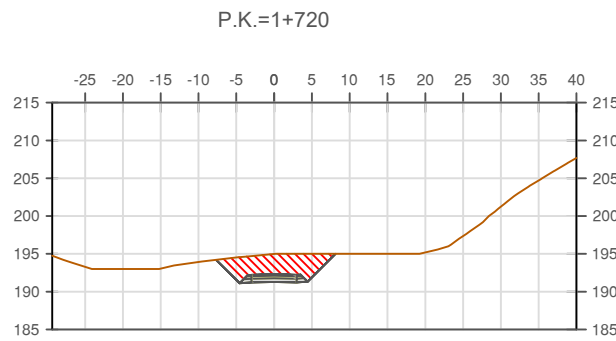
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	28.98	553.93	16257.00
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



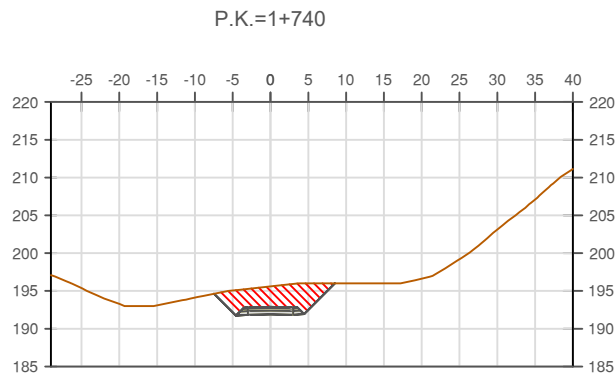
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	28.61	575.90	16832.90
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



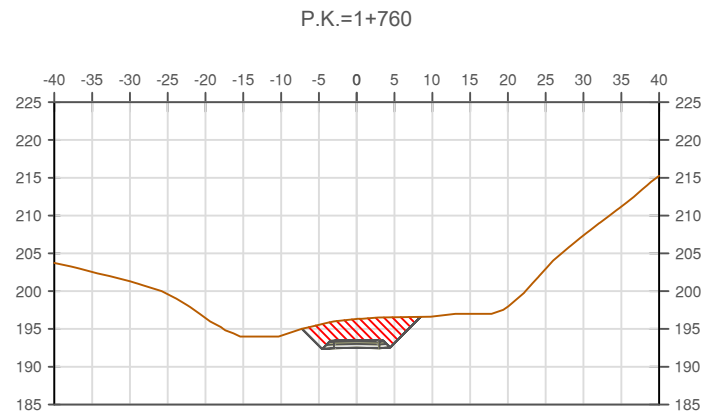
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	32.71	613.22	17446.12
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



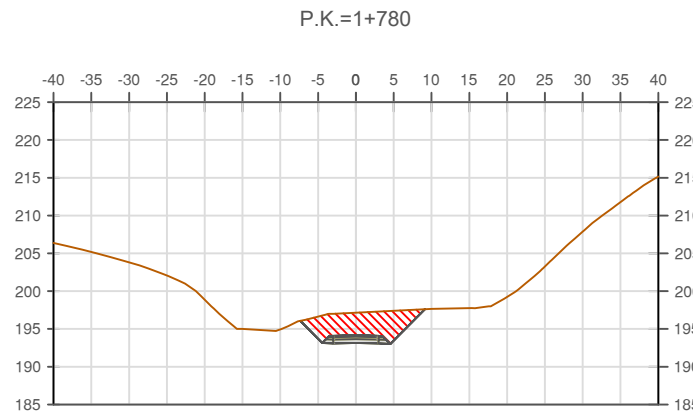
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	37.02	697.37	18143.49
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



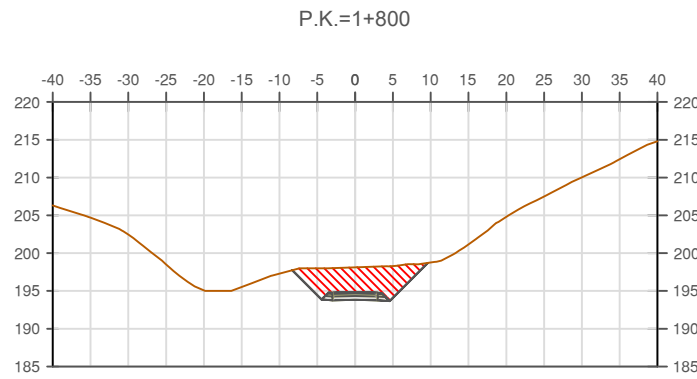
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	38.85	758.77	18902.26
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



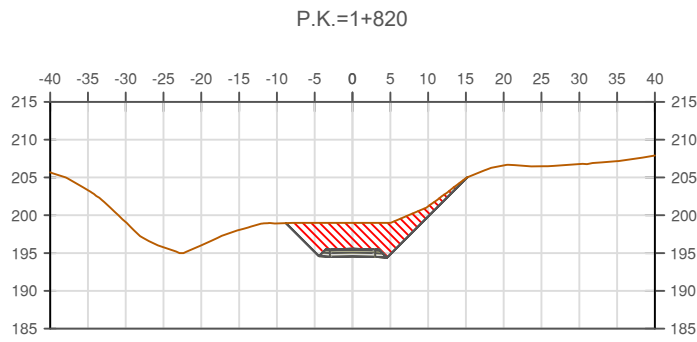
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	38.30	772.40	19674.67
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



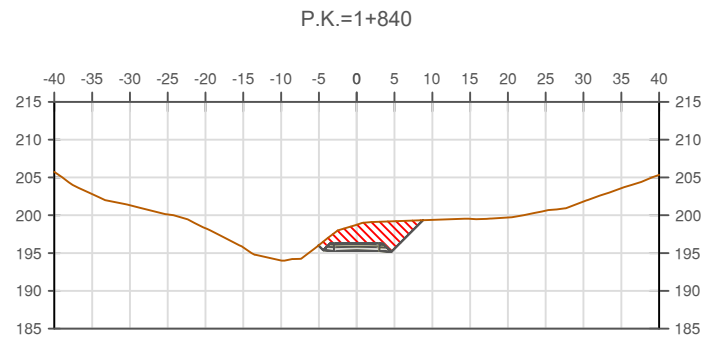
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	43.62	820.12	20494.79
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



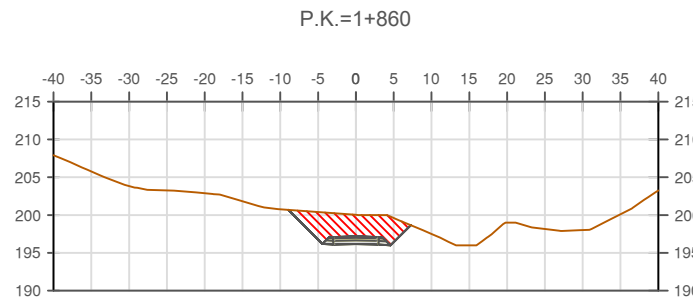
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	51.19	948.09	21442.88
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



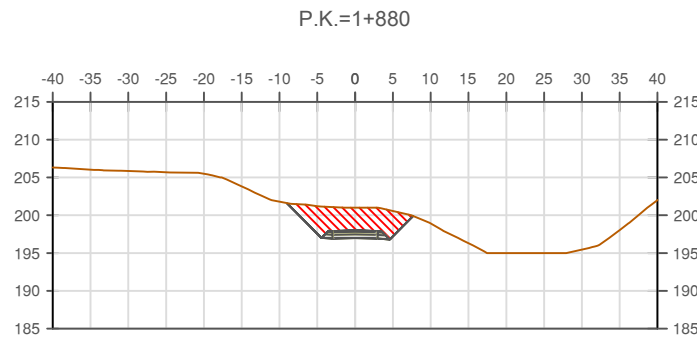
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	61.19	1123.77	22566.65
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	29.56	907.48	23474.12
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



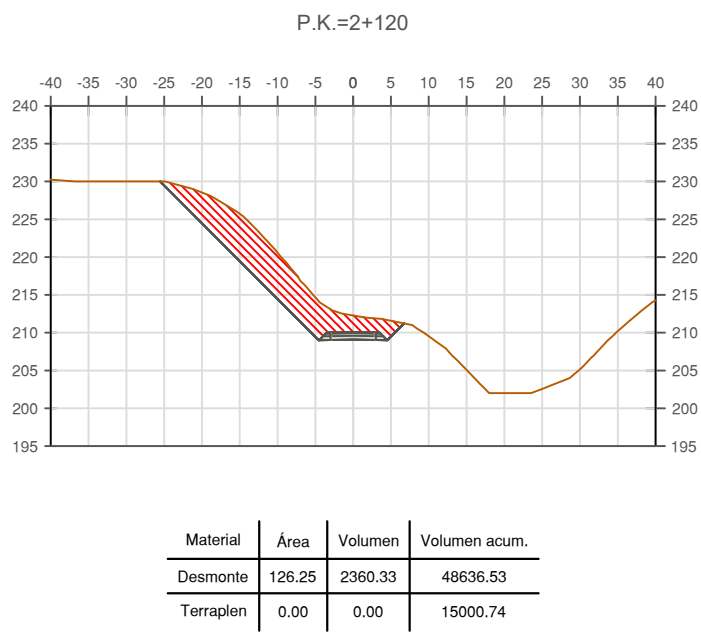
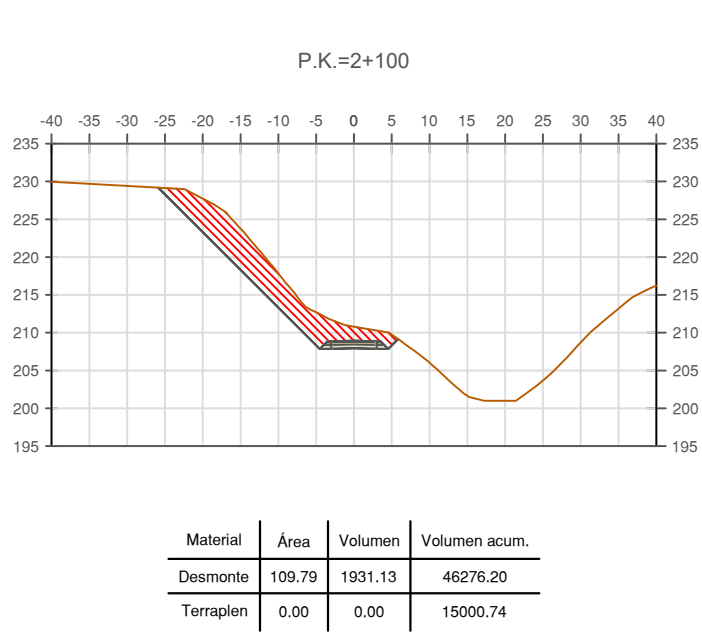
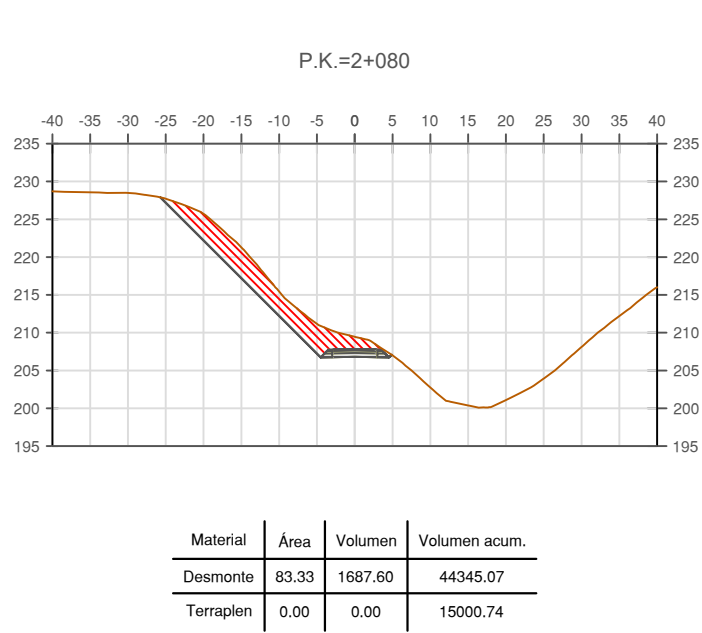
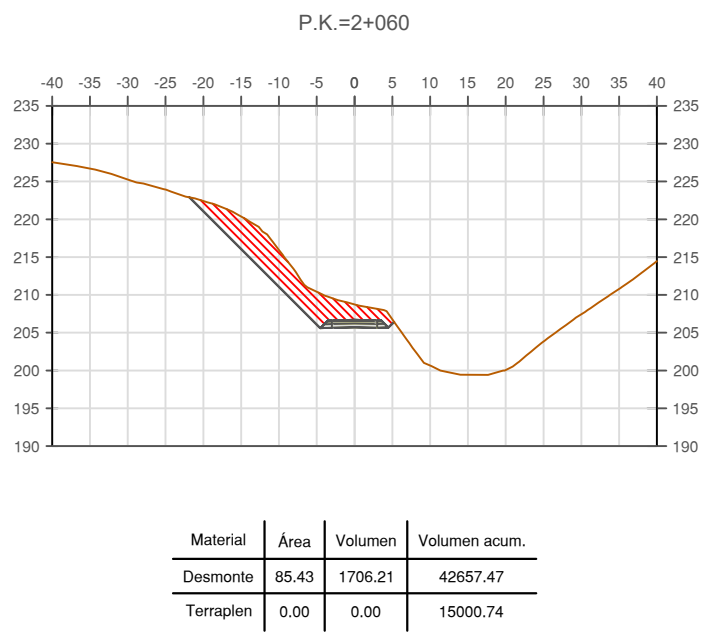
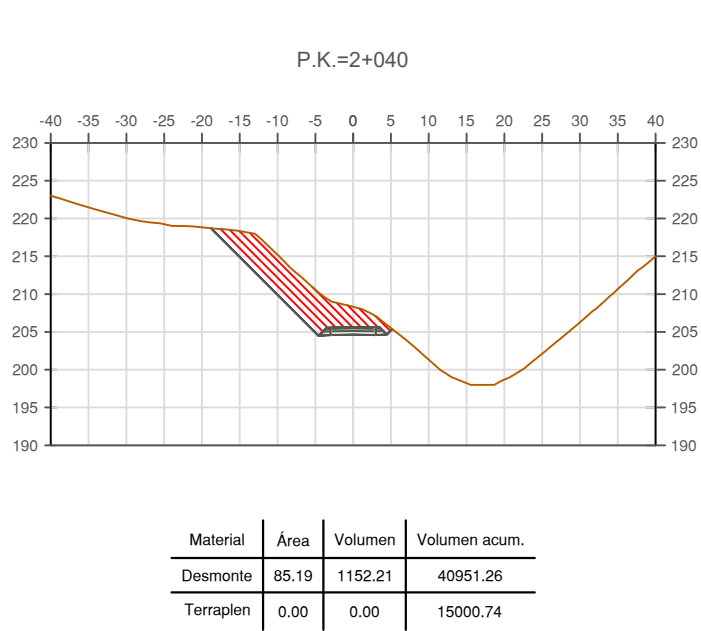
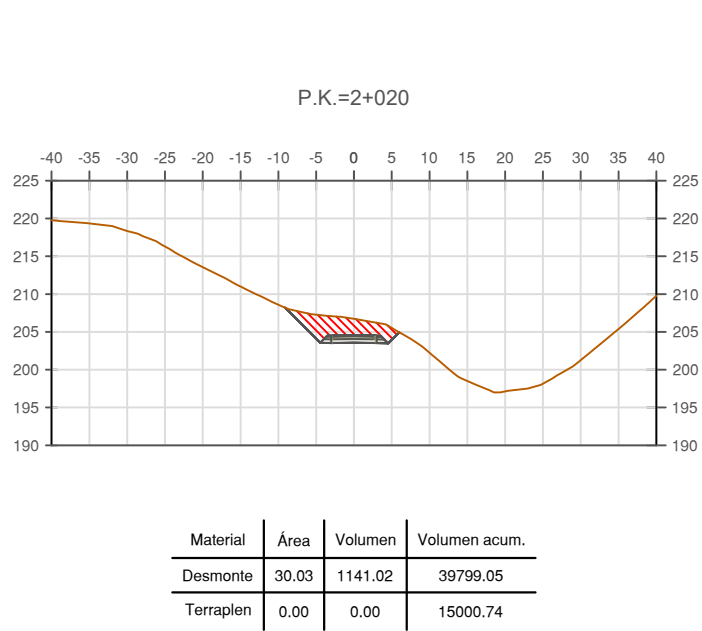
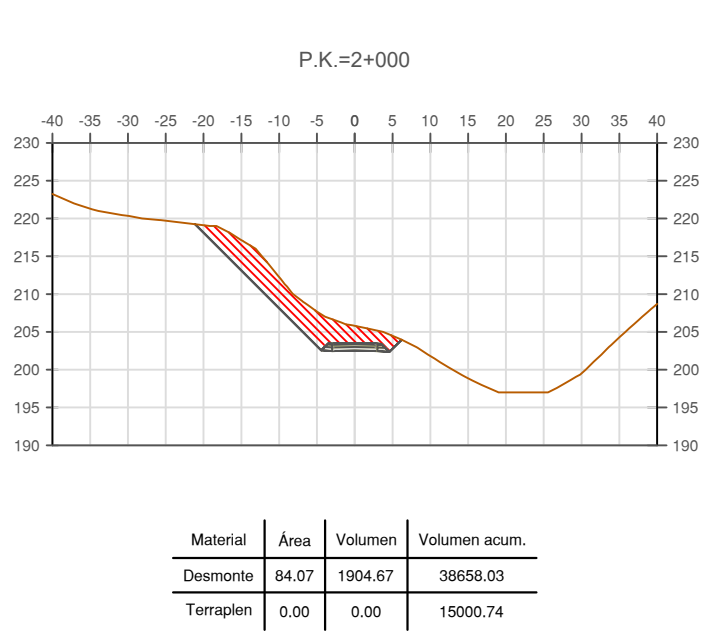
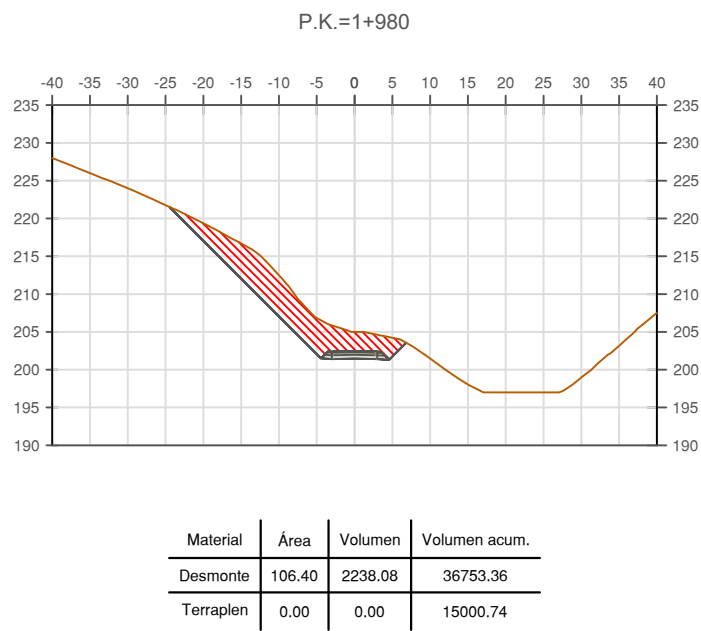
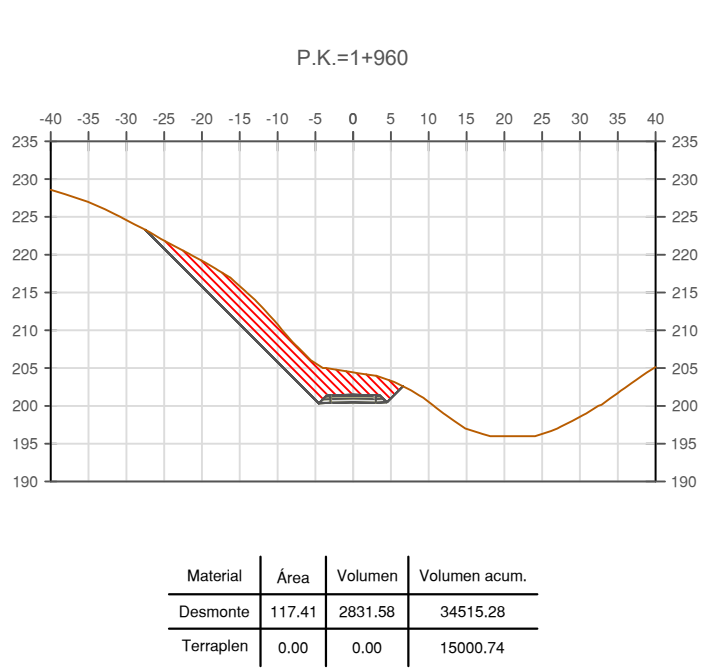
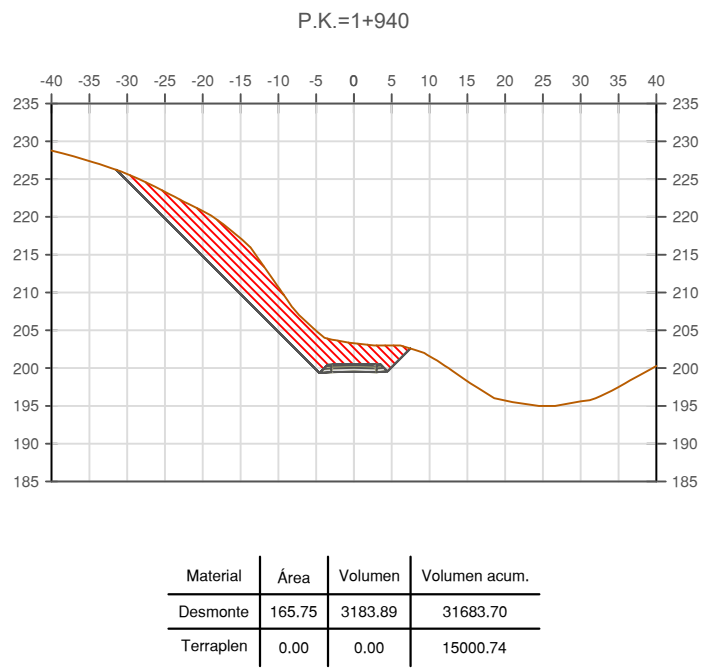
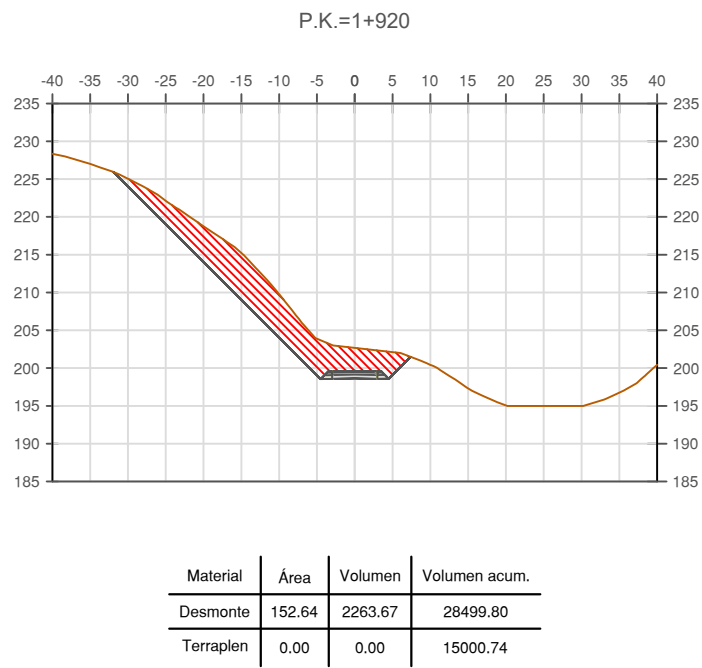
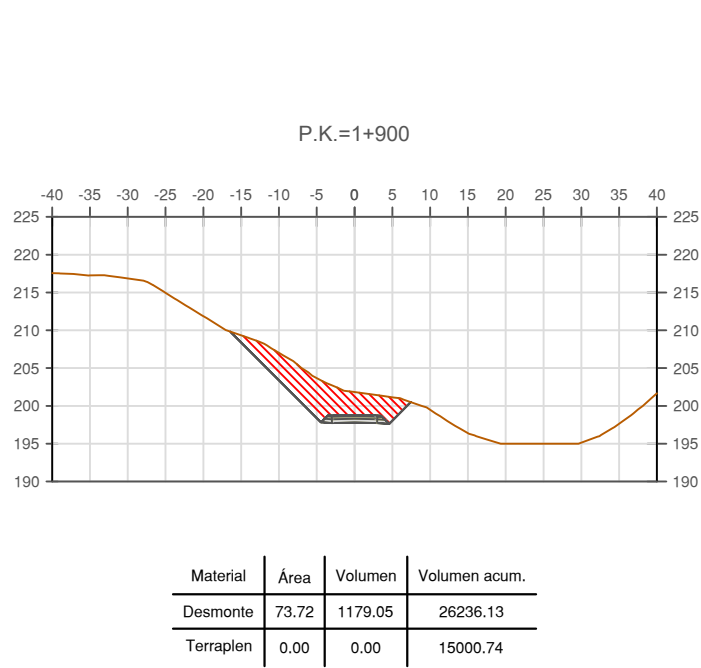
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	42.28	718.36	24192.49
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



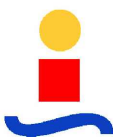
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmonte	44.18	864.60	25057.09
Terraplen	0.00	0.00	15000.74

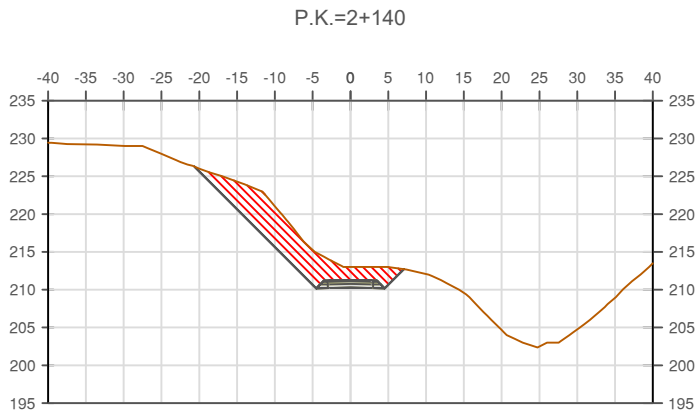
 Terraplén  Desmonte  Terreno natural  Proyecto



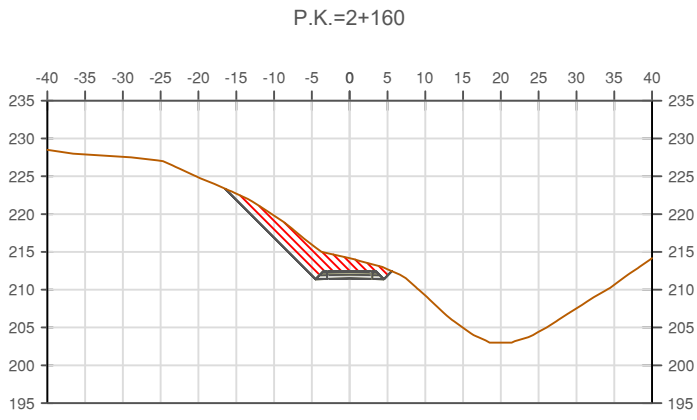


Terraplen Desmorte Terreno natural Proyecto

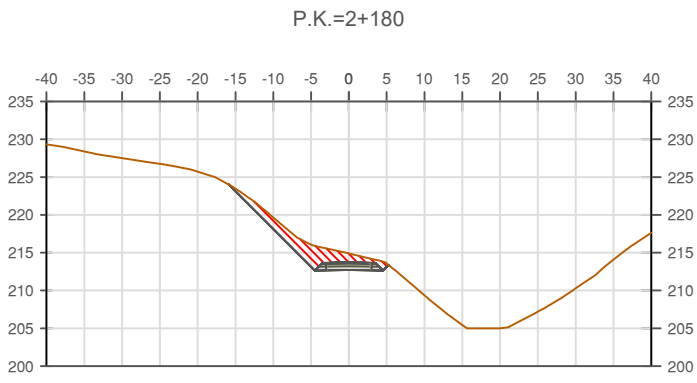




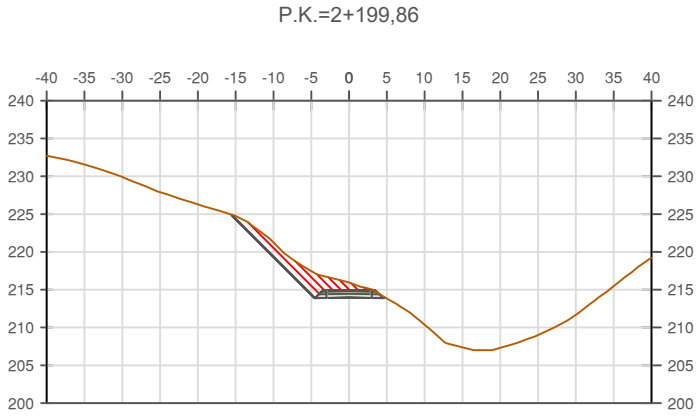
Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	85.52	2117.69	50754.22
Terraplen	0.00	0.00	15000.74



Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	47.66	1331.78	52085.99
Terraplen	0.00	0.00	15000.74

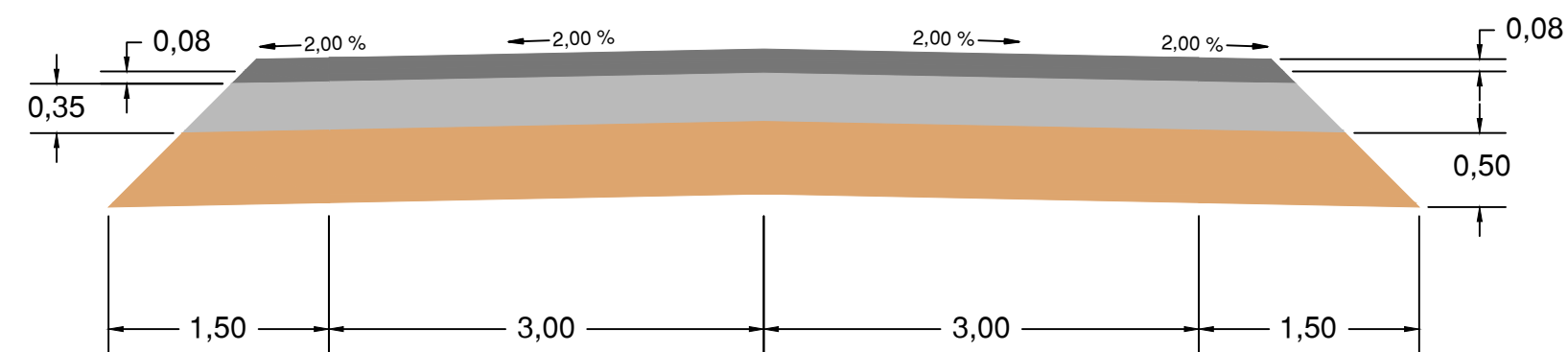


Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	29.74	773.94	52859.94
Terraplen	0.00	0.00	15000.74

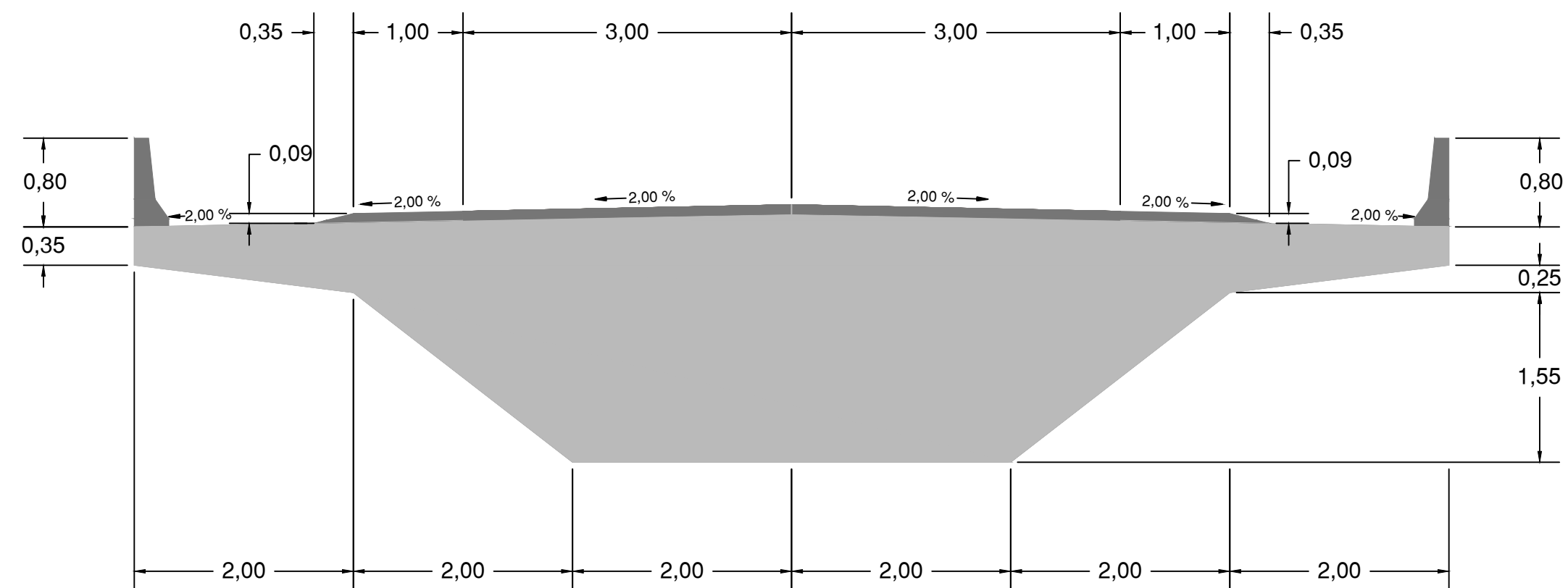


Material	Área	Volumen	Volumen acum.
Desmorte	29.25	585.88	53445.82
Terraplen	0.02	0.24	15000.98

Terraplén Desmorte Terreno natural Proyecto



Sección transversal carretera



Sección transversal viaducto

Acotación en metros

ANEXOS

ANEXO 1. COMANDO MATLAB. ANÁLISIS MULTICRITERIO

En este primer anexo, se hace referencia al script de Matlab utilizado para la generación de respuestas aleatorias para el Análisis Multicriterio en la elección del ámbito de estudio. A continuación, se muestra el código utilizado para la obtención de las distintas combinaciones:

```
clear all;
close all;
clc;
n=1;
for i=0:0.1:1
    for j=0:0.1:1
        for k=0:0.1:1
            for l=0:0.1:1
                for m=0:0.1:1
                    if i+j+k+l+m==1
                        combinaciones(n,:)=[i j k l m i+j+k+l+m];
                        n=n+1;
                    end
                end
            end
        end
    end
end
end
end
```

A continuación, se muestra la *Tabla Anexo 1.1. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de robustez* correspondiente al punto 3.2.1. *Análisis de robustez*.

Tabla Anexo 1.1. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de robustez.

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,15	0,50	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,10	0,90	0,15	0,51	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,20	0,80	0,14	0,51	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,30	0,70	0,14	0,52	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,40	0,60	0,13	0,52	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,50	0,50	0,13	0,53	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,60	0,40	0,12	0,53	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,70	0,30	0,12	0,54	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,80	0,20	0,11	0,54	0,35	2
0,00	0,00	0,00	0,90	0,10	0,11	0,55	0,35	2
0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,10	0,55	0,35	2
0,00	0,00	0,10	0,00	0,90	0,17	0,47	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,10	0,80	0,17	0,47	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,20	0,70	0,16	0,48	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,30	0,60	0,16	0,48	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,40	0,50	0,15	0,49	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,50	0,40	0,15	0,49	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,60	0,30	0,14	0,50	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,70	0,20	0,14	0,50	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,80	0,10	0,13	0,51	0,36	2
0,00	0,00	0,10	0,90	0,00	0,13	0,51	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,00	0,80	0,20	0,44	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,10	0,70	0,19	0,44	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,20	0,60	0,19	0,45	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,30	0,50	0,18	0,45	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,40	0,40	0,18	0,46	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,50	0,30	0,17	0,46	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,60	0,20	0,17	0,47	0,36	2
0,00	0,00	0,20	0,80	0,00	0,16	0,48	0,36	2
0,00	0,00	0,30	0,00	0,70	0,22	0,41	0,37	2
0,00	0,00	0,30	0,10	0,60	0,21	0,41	0,37	2
0,00	0,00	0,30	0,20	0,50	0,21	0,42	0,37	2
0,00	0,00	0,30	0,30	0,40	0,20	0,42	0,37	2
0,00	0,00	0,30	0,40	0,30	0,20	0,43	0,37	2
0,00	0,00	0,30	0,50	0,20	0,19	0,43	0,37	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,00	0,30	0,70	0,00	0,18	0,44	0,37	2
0,00	0,00	0,40	0,00	0,60	0,24	0,38	0,38	3
0,00	0,00	0,40	0,10	0,50	0,24	0,38	0,38	2
0,00	0,00	0,40	0,20	0,40	0,23	0,39	0,38	2
0,00	0,00	0,40	0,30	0,30	0,23	0,39	0,38	2
0,00	0,00	0,40	0,40	0,20	0,22	0,40	0,38	2
0,00	0,00	0,40	0,50	0,10	0,22	0,40	0,38	2
0,00	0,00	0,40	0,60	0,00	0,21	0,41	0,38	2
0,00	0,00	0,50	0,00	0,50	0,27	0,35	0,39	3
0,00	0,00	0,50	0,10	0,40	0,26	0,35	0,39	3
0,00	0,00	0,50	0,20	0,30	0,26	0,36	0,39	3
0,00	0,00	0,50	0,30	0,20	0,25	0,36	0,39	3
0,00	0,00	0,50	0,40	0,10	0,25	0,37	0,39	3
0,00	0,00	0,50	0,50	0,00	0,24	0,37	0,39	3
0,00	0,00	0,60	0,00	0,40	0,29	0,31	0,39	3
0,00	0,00	0,60	0,10	0,30	0,28	0,32	0,39	3
0,00	0,00	0,60	0,20	0,20	0,28	0,32	0,39	3
0,00	0,00	0,60	0,40	0,00	0,27	0,33	0,39	3
0,00	0,00	0,70	0,00	0,30	0,31	0,28	0,40	3
0,00	0,00	0,70	0,10	0,20	0,31	0,29	0,40	3
0,00	0,00	0,70	0,30	0,00	0,30	0,30	0,40	3
0,00	0,00	0,80	0,00	0,20	0,33	0,25	0,41	3
0,00	0,00	0,80	0,10	0,10	0,33	0,26	0,41	3
0,00	0,00	0,80	0,20	0,00	0,32	0,26	0,41	3
0,00	0,00	0,90	0,00	0,10	0,36	0,22	0,41	3
0,00	0,00	0,90	0,10	0,00	0,35	0,23	0,41	3
0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,38	0,19	0,42	3
0,00	0,10	0,00	0,00	0,90	0,19	0,47	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,10	0,80	0,18	0,48	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,20	0,70	0,18	0,48	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,30	0,60	0,17	0,49	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,40	0,50	0,17	0,49	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,50	0,40	0,16	0,50	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,60	0,30	0,16	0,50	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,70	0,20	0,15	0,51	0,35	2
0,00	0,10	0,00	0,80	0,10	0,15	0,51	0,35	2

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,10	0,00	0,90	0,00	0,14	0,52	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,00	0,80	0,21	0,44	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,10	0,70	0,20	0,44	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,20	0,60	0,20	0,45	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,30	0,50	0,19	0,45	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,40	0,40	0,19	0,46	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,50	0,30	0,18	0,46	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,60	0,20	0,18	0,47	0,35	2
0,00	0,10	0,10	0,80	0,00	0,17	0,48	0,35	2
0,00	0,10	0,20	0,00	0,70	0,23	0,41	0,36	2
0,00	0,10	0,20	0,10	0,60	0,23	0,41	0,36	2
0,00	0,10	0,20	0,20	0,50	0,22	0,42	0,36	2
0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,22	0,42	0,36	2
0,00	0,10	0,20	0,40	0,30	0,21	0,43	0,36	2
0,00	0,10	0,20	0,50	0,20	0,21	0,43	0,36	2
0,00	0,10	0,20	0,70	0,00	0,20	0,44	0,36	2
0,00	0,10	0,30	0,00	0,60	0,25	0,38	0,37	2
0,00	0,10	0,30	0,10	0,50	0,25	0,38	0,37	2
0,00	0,10	0,30	0,20	0,40	0,24	0,39	0,37	2
0,00	0,10	0,30	0,30	0,30	0,24	0,39	0,37	2
0,00	0,10	0,30	0,40	0,20	0,23	0,40	0,37	2
0,00	0,10	0,30	0,50	0,10	0,23	0,40	0,37	2
0,00	0,10	0,30	0,60	0,00	0,22	0,41	0,37	2
0,00	0,10	0,40	0,00	0,50	0,28	0,35	0,37	3
0,00	0,10	0,40	0,10	0,40	0,27	0,35	0,37	3
0,00	0,10	0,40	0,20	0,30	0,27	0,36	0,37	3
0,00	0,10	0,40	0,30	0,20	0,26	0,36	0,37	3
0,00	0,10	0,40	0,40	0,10	0,26	0,37	0,37	3
0,00	0,10	0,40	0,50	0,00	0,25	0,37	0,37	3
0,00	0,10	0,50	0,00	0,40	0,30	0,32	0,38	3
0,00	0,10	0,50	0,10	0,30	0,30	0,32	0,38	3
0,00	0,10	0,50	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,00	0,10	0,50	0,30	0,10	0,29	0,33	0,38	3
0,00	0,10	0,50	0,40	0,00	0,28	0,34	0,38	3
0,00	0,10	0,60	0,00	0,30	0,32	0,28	0,39	3
0,00	0,10	0,60	0,10	0,20	0,32	0,29	0,39	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,10	0,60	0,30	0,00	0,31	0,30	0,39	3
0,00	0,10	0,70	0,00	0,20	0,35	0,25	0,39	3
0,00	0,10	0,70	0,10	0,10	0,34	0,26	0,39	3
0,00	0,10	0,70	0,20	0,00	0,34	0,26	0,39	3
0,00	0,10	0,80	0,00	0,10	0,37	0,22	0,40	3
0,00	0,10	0,80	0,10	0,00	0,36	0,23	0,40	3
0,00	0,10	0,90	0,00	0,00	0,39	0,19	0,41	3
0,00	0,20	0,00	0,00	0,80	0,22	0,44	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,10	0,70	0,22	0,45	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,20	0,60	0,21	0,45	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,30	0,50	0,21	0,46	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,40	0,40	0,20	0,46	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,50	0,30	0,20	0,47	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,60	0,20	0,19	0,47	0,34	2
0,00	0,20	0,00	0,80	0,00	0,18	0,48	0,34	2
0,00	0,20	0,10	0,00	0,70	0,24	0,41	0,35	2
0,00	0,20	0,10	0,10	0,60	0,24	0,41	0,35	2
0,00	0,20	0,10	0,20	0,50	0,23	0,42	0,35	2
0,00	0,20	0,10	0,30	0,40	0,23	0,42	0,35	2
0,00	0,20	0,10	0,40	0,30	0,22	0,43	0,35	2
0,00	0,20	0,10	0,50	0,20	0,22	0,43	0,35	2
0,00	0,20	0,10	0,70	0,00	0,21	0,44	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,00	0,60	0,27	0,38	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,10	0,50	0,26	0,38	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,20	0,40	0,26	0,39	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,30	0,30	0,25	0,39	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,40	0,20	0,25	0,40	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,50	0,10	0,24	0,40	0,35	2
0,00	0,20	0,20	0,60	0,00	0,24	0,41	0,35	2
0,00	0,20	0,30	0,00	0,50	0,29	0,35	0,36	3
0,00	0,20	0,30	0,10	0,40	0,28	0,35	0,36	3
0,00	0,20	0,30	0,20	0,30	0,28	0,36	0,36	3
0,00	0,20	0,30	0,30	0,20	0,27	0,36	0,36	2
0,00	0,20	0,30	0,40	0,10	0,27	0,37	0,36	2
0,00	0,20	0,30	0,50	0,00	0,26	0,37	0,36	2
0,00	0,20	0,40	0,00	0,40	0,31	0,32	0,37	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,20	0,40	0,10	0,30	0,31	0,32	0,37	3
0,00	0,20	0,40	0,20	0,20	0,30	0,33	0,37	3
0,00	0,20	0,40	0,40	0,00	0,29	0,34	0,37	3
0,00	0,20	0,50	0,00	0,30	0,34	0,29	0,38	3
0,00	0,20	0,50	0,10	0,20	0,33	0,29	0,38	3
0,00	0,20	0,50	0,30	0,00	0,32	0,30	0,38	3
0,00	0,20	0,60	0,00	0,20	0,36	0,25	0,38	3
0,00	0,20	0,60	0,10	0,10	0,35	0,26	0,38	3
0,00	0,20	0,60	0,20	0,00	0,35	0,26	0,38	3
0,00	0,20	0,80	0,00	0,00	0,40	0,19	0,40	1
0,00	0,30	0,00	0,00	0,70	0,26	0,41	0,34	2
0,00	0,30	0,00	0,10	0,60	0,25	0,42	0,34	2
0,00	0,30	0,00	0,20	0,50	0,25	0,42	0,34	2
0,00	0,30	0,00	0,30	0,40	0,24	0,43	0,34	2
0,00	0,30	0,00	0,40	0,30	0,24	0,43	0,34	2
0,00	0,30	0,00	0,50	0,20	0,23	0,44	0,34	2
0,00	0,30	0,00	0,70	0,00	0,22	0,45	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,00	0,60	0,28	0,38	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,10	0,50	0,27	0,38	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,20	0,40	0,27	0,39	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,30	0,30	0,26	0,39	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,40	0,20	0,26	0,40	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,50	0,10	0,25	0,40	0,34	2
0,00	0,30	0,10	0,60	0,00	0,25	0,41	0,34	2
0,00	0,30	0,20	0,00	0,50	0,30	0,35	0,35	3
0,00	0,30	0,20	0,10	0,40	0,30	0,35	0,35	2
0,00	0,30	0,20	0,20	0,30	0,29	0,36	0,35	2
0,00	0,30	0,20	0,30	0,20	0,29	0,36	0,35	2
0,00	0,30	0,20	0,40	0,10	0,28	0,37	0,35	2
0,00	0,30	0,20	0,50	0,00	0,28	0,37	0,35	2
0,00	0,30	0,30	0,00	0,40	0,32	0,32	0,36	3
0,00	0,30	0,30	0,10	0,30	0,32	0,32	0,36	3
0,00	0,30	0,30	0,20	0,20	0,31	0,33	0,36	3
0,00	0,30	0,30	0,40	0,00	0,30	0,34	0,36	3
0,00	0,30	0,40	0,00	0,30	0,35	0,29	0,36	3
0,00	0,30	0,40	0,10	0,20	0,34	0,29	0,36	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,30	0,40	0,30	0,00	0,33	0,30	0,36	3
0,00	0,30	0,50	0,00	0,20	0,37	0,26	0,37	1
0,00	0,30	0,50	0,10	0,10	0,37	0,26	0,37	3
0,00	0,30	0,50	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,00	0,30	0,70	0,00	0,00	0,42	0,19	0,38	1
0,00	0,40	0,00	0,00	0,60	0,29	0,38	0,33	2
0,00	0,40	0,00	0,10	0,50	0,29	0,39	0,33	2
0,00	0,40	0,00	0,20	0,40	0,28	0,39	0,33	2
0,00	0,40	0,00	0,30	0,30	0,28	0,40	0,33	2
0,00	0,40	0,00	0,40	0,20	0,27	0,40	0,33	2
0,00	0,40	0,00	0,50	0,10	0,27	0,41	0,33	2
0,00	0,40	0,00	0,60	0,00	0,26	0,41	0,33	2
0,00	0,40	0,10	0,00	0,50	0,31	0,35	0,34	2
0,00	0,40	0,10	0,10	0,40	0,31	0,35	0,34	2
0,00	0,40	0,10	0,20	0,30	0,30	0,36	0,34	2
0,00	0,40	0,10	0,30	0,20	0,30	0,36	0,34	2
0,00	0,40	0,10	0,40	0,10	0,29	0,37	0,34	2
0,00	0,40	0,10	0,50	0,00	0,29	0,37	0,34	2
0,00	0,40	0,20	0,00	0,40	0,34	0,32	0,34	3
0,00	0,40	0,20	0,10	0,30	0,33	0,32	0,34	3
0,00	0,40	0,20	0,20	0,20	0,33	0,33	0,34	3
0,00	0,40	0,20	0,40	0,00	0,32	0,34	0,34	3
0,00	0,40	0,30	0,00	0,30	0,36	0,29	0,35	1
0,00	0,40	0,30	0,10	0,20	0,35	0,29	0,35	1
0,00	0,40	0,30	0,30	0,00	0,34	0,30	0,35	3
0,00	0,40	0,40	0,00	0,20	0,38	0,26	0,36	1
0,00	0,40	0,40	0,10	0,10	0,38	0,26	0,36	1
0,00	0,40	0,40	0,20	0,00	0,37	0,27	0,36	1
0,00	0,40	0,50	0,00	0,10	0,41	0,23	0,37	1
0,00	0,40	0,50	0,10	0,00	0,40	0,23	0,37	1
0,00	0,40	0,60	0,00	0,00	0,43	0,19	0,37	1
0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,33	0,35	0,33	2
0,00	0,50	0,00	0,10	0,40	0,32	0,36	0,33	2
0,00	0,50	0,00	0,20	0,30	0,32	0,36	0,33	2
0,00	0,50	0,00	0,30	0,20	0,31	0,37	0,33	2
0,00	0,50	0,00	0,40	0,10	0,31	0,37	0,33	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,50	0,00	0,50	0,00	0,30	0,38	0,33	2
0,00	0,50	0,10	0,00	0,40	0,35	0,32	0,33	1
0,00	0,50	0,10	0,10	0,30	0,34	0,32	0,33	1
0,00	0,50	0,10	0,20	0,20	0,34	0,33	0,33	1
0,00	0,50	0,10	0,30	0,10	0,33	0,33	0,33	2
0,00	0,50	0,10	0,40	0,00	0,33	0,34	0,33	2
0,00	0,50	0,20	0,00	0,30	0,37	0,29	0,34	1
0,00	0,50	0,20	0,10	0,20	0,37	0,29	0,34	1
0,00	0,50	0,20	0,30	0,00	0,36	0,30	0,34	1
0,00	0,50	0,30	0,00	0,20	0,39	0,26	0,35	1
0,00	0,50	0,30	0,10	0,10	0,39	0,26	0,35	1
0,00	0,50	0,30	0,20	0,00	0,38	0,27	0,35	1
0,00	0,50	0,40	0,00	0,10	0,42	0,23	0,35	1
0,00	0,50	0,40	0,10	0,00	0,41	0,23	0,35	1
0,00	0,50	0,50	0,00	0,00	0,44	0,20	0,36	1
0,00	0,60	0,00	0,00	0,40	0,36	0,32	0,32	1
0,00	0,60	0,00	0,10	0,30	0,36	0,33	0,32	1
0,00	0,60	0,00	0,20	0,20	0,35	0,33	0,32	1
0,00	0,60	0,00	0,40	0,00	0,34	0,34	0,32	1
0,00	0,60	0,10	0,00	0,30	0,38	0,29	0,33	1
0,00	0,60	0,10	0,10	0,20	0,38	0,29	0,33	1
0,00	0,60	0,10	0,30	0,00	0,37	0,30	0,33	1
0,00	0,60	0,20	0,00	0,20	0,41	0,26	0,33	1
0,00	0,60	0,20	0,10	0,10	0,40	0,26	0,33	1
0,00	0,60	0,20	0,20	0,00	0,40	0,27	0,33	1
0,00	0,60	0,40	0,00	0,00	0,45	0,20	0,35	1
0,00	0,70	0,00	0,00	0,30	0,40	0,29	0,32	1
0,00	0,70	0,00	0,10	0,20	0,39	0,30	0,32	1
0,00	0,70	0,00	0,30	0,00	0,38	0,31	0,32	1
0,00	0,70	0,10	0,00	0,20	0,42	0,26	0,32	1
0,00	0,70	0,10	0,10	0,10	0,41	0,26	0,32	1
0,00	0,70	0,10	0,20	0,00	0,41	0,27	0,32	1
0,00	0,70	0,30	0,00	0,00	0,46	0,20	0,34	1
0,00	0,80	0,00	0,00	0,20	0,43	0,26	0,31	1
0,00	0,80	0,00	0,10	0,10	0,43	0,27	0,31	1
0,00	0,80	0,00	0,20	0,00	0,42	0,27	0,31	1

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,00	0,80	0,10	0,00	0,10	0,45	0,23	0,32	1
0,00	0,80	0,10	0,10	0,00	0,45	0,23	0,32	1
0,00	0,80	0,20	0,00	0,00	0,48	0,20	0,32	1
0,00	0,90	0,00	0,00	0,10	0,47	0,23	0,31	1
0,00	0,90	0,00	0,10	0,00	0,46	0,24	0,31	1
0,00	0,90	0,10	0,00	0,00	0,49	0,20	0,31	1
0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,50	0,20	0,30	1
0,10	0,00	0,00	0,00	0,90	0,17	0,47	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,10	0,80	0,17	0,48	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,20	0,70	0,16	0,48	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,30	0,60	0,16	0,49	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,40	0,50	0,15	0,49	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,50	0,40	0,15	0,50	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,60	0,30	0,14	0,50	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,70	0,20	0,14	0,51	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,80	0,10	0,13	0,51	0,36	2
0,10	0,00	0,00	0,90	0,00	0,13	0,52	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,00	0,80	0,20	0,44	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,10	0,70	0,19	0,45	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,20	0,60	0,19	0,45	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,30	0,50	0,18	0,46	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,40	0,40	0,18	0,46	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,50	0,30	0,17	0,47	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,60	0,20	0,17	0,47	0,36	2
0,10	0,00	0,10	0,80	0,00	0,16	0,48	0,36	2
0,10	0,00	0,20	0,00	0,70	0,22	0,41	0,37	2
0,10	0,00	0,20	0,10	0,60	0,21	0,41	0,37	2
0,10	0,00	0,20	0,20	0,50	0,21	0,42	0,37	2
0,10	0,00	0,20	0,30	0,40	0,20	0,42	0,37	2
0,10	0,00	0,20	0,40	0,30	0,20	0,43	0,37	2
0,10	0,00	0,20	0,50	0,20	0,19	0,43	0,37	2
0,10	0,00	0,20	0,70	0,00	0,18	0,44	0,37	2
0,10	0,00	0,30	0,00	0,60	0,24	0,38	0,38	2
0,10	0,00	0,30	0,10	0,50	0,24	0,38	0,38	2
0,10	0,00	0,30	0,20	0,40	0,23	0,39	0,38	2
0,10	0,00	0,30	0,30	0,30	0,23	0,39	0,38	2

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,10	0,00	0,30	0,40	0,20	0,22	0,40	0,38	2
0,10	0,00	0,30	0,50	0,10	0,22	0,40	0,38	2
0,10	0,00	0,30	0,60	0,00	0,21	0,41	0,38	2
0,10	0,00	0,40	0,00	0,50	0,27	0,35	0,38	3
0,10	0,00	0,40	0,10	0,40	0,26	0,35	0,38	3
0,10	0,00	0,40	0,20	0,30	0,26	0,36	0,38	3
0,10	0,00	0,40	0,30	0,20	0,25	0,36	0,38	3
0,10	0,00	0,40	0,40	0,10	0,25	0,37	0,38	3
0,10	0,00	0,40	0,50	0,00	0,24	0,37	0,38	3
0,10	0,00	0,50	0,00	0,40	0,29	0,32	0,39	3
0,10	0,00	0,50	0,10	0,30	0,28	0,32	0,39	3
0,10	0,00	0,50	0,20	0,20	0,28	0,33	0,39	3
0,10	0,00	0,50	0,30	0,10	0,27	0,33	0,39	3
0,10	0,00	0,50	0,40	0,00	0,27	0,34	0,39	3
0,10	0,00	0,60	0,00	0,30	0,31	0,29	0,40	3
0,10	0,00	0,60	0,10	0,20	0,31	0,29	0,40	3
0,10	0,00	0,60	0,30	0,00	0,30	0,30	0,40	3
0,10	0,00	0,70	0,00	0,20	0,33	0,25	0,41	3
0,10	0,00	0,70	0,10	0,10	0,33	0,26	0,41	3
0,10	0,00	0,70	0,20	0,00	0,32	0,26	0,41	3
0,10	0,00	0,80	0,00	0,10	0,36	0,22	0,41	3
0,10	0,00	0,80	0,10	0,00	0,35	0,23	0,41	3
0,10	0,00	0,90	0,00	0,00	0,38	0,19	0,42	3
0,10	0,10	0,00	0,00	0,80	0,21	0,44	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,10	0,70	0,20	0,45	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,20	0,60	0,20	0,45	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,30	0,50	0,19	0,46	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,40	0,40	0,19	0,46	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,50	0,30	0,18	0,47	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,60	0,20	0,18	0,47	0,35	2
0,10	0,10	0,00	0,80	0,00	0,17	0,48	0,35	2
0,10	0,10	0,10	0,00	0,70	0,23	0,41	0,36	2
0,10	0,10	0,10	0,10	0,60	0,23	0,42	0,36	2
0,10	0,10	0,10	0,20	0,50	0,22	0,42	0,36	2
0,10	0,10	0,10	0,30	0,40	0,22	0,43	0,36	2
0,10	0,10	0,10	0,40	0,30	0,21	0,43	0,36	2

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,10	0,10	0,10	0,50	0,20	0,21	0,44	0,36	2
0,10	0,10	0,10	0,70	0,00	0,20	0,45	0,36	2
0,10	0,10	0,20	0,00	0,60	0,25	0,38	0,37	2
0,10	0,10	0,20	0,10	0,50	0,25	0,38	0,37	2
0,10	0,10	0,20	0,20	0,40	0,24	0,39	0,37	2
0,10	0,10	0,20	0,30	0,30	0,24	0,39	0,37	2
0,10	0,10	0,20	0,40	0,20	0,23	0,40	0,37	2
0,10	0,10	0,20	0,50	0,10	0,23	0,40	0,37	2
0,10	0,10	0,20	0,60	0,00	0,22	0,41	0,37	2
0,10	0,10	0,30	0,00	0,50	0,28	0,35	0,37	3
0,10	0,10	0,30	0,10	0,40	0,27	0,35	0,37	3
0,10	0,10	0,30	0,20	0,30	0,27	0,36	0,37	3
0,10	0,10	0,30	0,30	0,20	0,26	0,36	0,37	3
0,10	0,10	0,30	0,40	0,10	0,26	0,37	0,37	3
0,10	0,10	0,30	0,50	0,00	0,25	0,37	0,37	2
0,10	0,10	0,40	0,00	0,40	0,30	0,32	0,38	3
0,10	0,10	0,40	0,10	0,30	0,30	0,32	0,38	3
0,10	0,10	0,40	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,10	0,10	0,40	0,40	0,00	0,28	0,34	0,38	3
0,10	0,10	0,50	0,00	0,30	0,32	0,29	0,39	3
0,10	0,10	0,50	0,10	0,20	0,32	0,29	0,39	3
0,10	0,10	0,50	0,30	0,00	0,31	0,30	0,39	3
0,10	0,10	0,60	0,00	0,20	0,35	0,26	0,39	3
0,10	0,10	0,60	0,10	0,10	0,34	0,26	0,39	3
0,10	0,10	0,60	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,10	0,10	0,80	0,00	0,00	0,39	0,19	0,41	3
0,10	0,20	0,00	0,00	0,70	0,24	0,41	0,35	2
0,10	0,20	0,00	0,10	0,60	0,24	0,42	0,35	2
0,10	0,20	0,00	0,20	0,50	0,23	0,42	0,35	2
0,10	0,20	0,00	0,30	0,40	0,23	0,43	0,35	2
0,10	0,20	0,00	0,40	0,30	0,22	0,43	0,35	2
0,10	0,20	0,00	0,50	0,20	0,22	0,44	0,35	2
0,10	0,20	0,00	0,70	0,00	0,21	0,45	0,35	2
0,10	0,20	0,10	0,00	0,60	0,27	0,38	0,35	2
0,10	0,20	0,10	0,10	0,50	0,26	0,39	0,35	2
0,10	0,20	0,10	0,20	0,40	0,26	0,39	0,35	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,10	0,20	0,10	0,30	0,30	0,25	0,40	0,35	2
0,10	0,20	0,10	0,40	0,20	0,25	0,40	0,35	2
0,10	0,20	0,10	0,50	0,10	0,24	0,41	0,35	2
0,10	0,20	0,10	0,60	0,00	0,24	0,41	0,35	2
0,10	0,20	0,20	0,00	0,50	0,29	0,35	0,36	3
0,10	0,20	0,20	0,10	0,40	0,28	0,35	0,36	3
0,10	0,20	0,20	0,20	0,30	0,28	0,36	0,36	3
0,10	0,20	0,20	0,30	0,20	0,27	0,36	0,36	2
0,10	0,20	0,20	0,40	0,10	0,27	0,37	0,36	2
0,10	0,20	0,20	0,50	0,00	0,26	0,37	0,36	2
0,10	0,20	0,30	0,00	0,40	0,31	0,32	0,37	3
0,10	0,20	0,30	0,10	0,30	0,31	0,32	0,37	3
0,10	0,20	0,30	0,20	0,20	0,30	0,33	0,37	3
0,10	0,20	0,30	0,40	0,00	0,29	0,34	0,37	3
0,10	0,20	0,40	0,00	0,30	0,34	0,29	0,37	3
0,10	0,20	0,40	0,10	0,20	0,33	0,29	0,37	3
0,10	0,20	0,40	0,30	0,00	0,32	0,30	0,37	3
0,10	0,20	0,50	0,00	0,20	0,36	0,26	0,38	3
0,10	0,20	0,50	0,10	0,10	0,35	0,26	0,38	3
0,10	0,20	0,50	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3
0,10	0,20	0,70	0,00	0,00	0,40	0,19	0,40	1
0,10	0,30	0,00	0,00	0,60	0,28	0,38	0,34	2
0,10	0,30	0,00	0,10	0,50	0,27	0,39	0,34	2
0,10	0,30	0,00	0,20	0,40	0,27	0,39	0,34	2
0,10	0,30	0,00	0,30	0,30	0,26	0,40	0,34	2
0,10	0,30	0,00	0,40	0,20	0,26	0,40	0,34	2
0,10	0,30	0,00	0,50	0,10	0,25	0,41	0,34	2
0,10	0,30	0,00	0,60	0,00	0,25	0,41	0,34	2
0,10	0,30	0,10	0,00	0,50	0,30	0,35	0,35	2
0,10	0,30	0,10	0,10	0,40	0,30	0,36	0,35	2
0,10	0,30	0,10	0,20	0,30	0,29	0,36	0,35	2
0,10	0,30	0,10	0,30	0,20	0,29	0,37	0,35	2
0,10	0,30	0,10	0,40	0,10	0,28	0,37	0,35	2
0,10	0,30	0,10	0,50	0,00	0,28	0,38	0,35	2
0,10	0,30	0,20	0,00	0,40	0,32	0,32	0,36	3
0,10	0,30	0,20	0,10	0,30	0,32	0,32	0,36	3

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,10	0,30	0,20	0,20	0,20	0,31	0,33	0,36	3
0,10	0,30	0,20	0,40	0,00	0,30	0,34	0,36	3
0,10	0,30	0,30	0,00	0,30	0,35	0,29	0,36	3
0,10	0,30	0,30	0,10	0,20	0,34	0,29	0,36	3
0,10	0,30	0,30	0,30	0,00	0,33	0,30	0,36	3
0,10	0,30	0,40	0,00	0,20	0,37	0,26	0,37	1
0,10	0,30	0,40	0,10	0,10	0,37	0,26	0,37	3
0,10	0,30	0,40	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,10	0,30	0,50	0,00	0,10	0,39	0,23	0,38	1
0,10	0,30	0,50	0,10	0,00	0,39	0,23	0,38	1
0,10	0,30	0,60	0,00	0,00	0,42	0,20	0,38	1
0,10	0,40	0,00	0,00	0,50	0,31	0,35	0,34	2
0,10	0,40	0,00	0,10	0,40	0,31	0,36	0,34	2
0,10	0,40	0,00	0,20	0,30	0,30	0,36	0,34	2
0,10	0,40	0,00	0,30	0,20	0,30	0,37	0,34	2
0,10	0,40	0,00	0,40	0,10	0,29	0,37	0,34	2
0,10	0,40	0,00	0,50	0,00	0,29	0,38	0,34	2
0,10	0,40	0,10	0,00	0,40	0,34	0,32	0,34	3
0,10	0,40	0,10	0,10	0,30	0,33	0,33	0,34	3
0,10	0,40	0,10	0,20	0,20	0,33	0,33	0,34	3
0,10	0,40	0,10	0,30	0,10	0,32	0,34	0,34	3
0,10	0,40	0,10	0,40	0,00	0,32	0,34	0,34	3
0,10	0,40	0,20	0,00	0,30	0,36	0,29	0,35	1
0,10	0,40	0,20	0,10	0,20	0,35	0,29	0,35	1
0,10	0,40	0,20	0,30	0,00	0,34	0,30	0,35	3
0,10	0,40	0,30	0,00	0,20	0,38	0,26	0,36	1
0,10	0,40	0,30	0,10	0,10	0,38	0,26	0,36	1
0,10	0,40	0,30	0,20	0,00	0,37	0,27	0,36	1
0,10	0,40	0,40	0,00	0,10	0,41	0,23	0,36	1
0,10	0,40	0,40	0,10	0,00	0,40	0,23	0,36	1
0,10	0,40	0,50	0,00	0,00	0,43	0,20	0,37	1
0,10	0,50	0,00	0,00	0,40	0,35	0,32	0,33	1
0,10	0,50	0,00	0,10	0,30	0,34	0,33	0,33	1
0,10	0,50	0,00	0,20	0,20	0,34	0,33	0,33	1
0,10	0,50	0,00	0,30	0,10	0,33	0,34	0,33	2
0,10	0,50	0,00	0,40	0,00	0,33	0,34	0,33	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,10	0,50	0,10	0,00	0,30	0,37	0,29	0,34	1
0,10	0,50	0,10	0,10	0,20	0,37	0,30	0,34	1
0,10	0,50	0,10	0,30	0,00	0,36	0,31	0,34	1
0,10	0,50	0,20	0,00	0,20	0,39	0,26	0,35	1
0,10	0,50	0,20	0,10	0,10	0,39	0,26	0,35	1
0,10	0,50	0,20	0,20	0,00	0,38	0,27	0,35	1
0,10	0,50	0,30	0,00	0,10	0,42	0,23	0,35	1
0,10	0,50	0,30	0,10	0,00	0,41	0,23	0,35	1
0,10	0,50	0,40	0,00	0,00	0,44	0,20	0,36	1
0,10	0,60	0,00	0,00	0,30	0,38	0,29	0,33	1
0,10	0,60	0,00	0,10	0,20	0,38	0,30	0,33	1
0,10	0,60	0,00	0,30	0,00	0,37	0,31	0,33	1
0,10	0,60	0,10	0,00	0,20	0,41	0,26	0,33	1
0,10	0,60	0,10	0,10	0,10	0,40	0,27	0,33	1
0,10	0,60	0,10	0,20	0,00	0,40	0,27	0,33	1
0,10	0,60	0,30	0,00	0,00	0,45	0,20	0,35	1
0,10	0,70	0,00	0,00	0,20	0,42	0,26	0,32	1
0,10	0,70	0,00	0,10	0,10	0,41	0,27	0,32	1
0,10	0,70	0,00	0,20	0,00	0,41	0,27	0,32	1
0,10	0,70	0,10	0,00	0,10	0,44	0,23	0,33	1
0,10	0,70	0,10	0,10	0,00	0,44	0,24	0,33	1
0,10	0,70	0,20	0,00	0,00	0,46	0,20	0,34	1
0,10	0,80	0,00	0,00	0,10	0,45	0,23	0,32	1
0,10	0,80	0,00	0,10	0,00	0,45	0,24	0,32	1
0,10	0,80	0,10	0,00	0,00	0,48	0,20	0,32	1
0,10	0,90	0,00	0,00	0,00	0,49	0,20	0,31	1
0,20	0,00	0,00	0,00	0,80	0,20	0,44	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,10	0,70	0,19	0,45	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,20	0,60	0,19	0,45	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,30	0,50	0,18	0,46	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,40	0,40	0,18	0,46	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,50	0,30	0,17	0,47	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,60	0,20	0,17	0,47	0,36	2
0,20	0,00	0,00	0,80	0,00	0,16	0,48	0,36	2
0,20	0,00	0,10	0,00	0,70	0,22	0,41	0,37	2
0,20	0,00	0,10	0,10	0,60	0,21	0,42	0,37	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,20	0,00	0,10	0,20	0,50	0,21	0,42	0,37	2
0,20	0,00	0,10	0,30	0,40	0,20	0,43	0,37	2
0,20	0,00	0,10	0,40	0,30	0,20	0,43	0,37	2
0,20	0,00	0,10	0,50	0,20	0,19	0,44	0,37	2
0,20	0,00	0,10	0,70	0,00	0,18	0,45	0,37	2
0,20	0,00	0,20	0,00	0,60	0,24	0,38	0,38	2
0,20	0,00	0,20	0,10	0,50	0,24	0,39	0,38	2
0,20	0,00	0,20	0,20	0,40	0,23	0,39	0,38	2
0,20	0,00	0,20	0,30	0,30	0,23	0,40	0,38	2
0,20	0,00	0,20	0,40	0,20	0,22	0,40	0,38	2
0,20	0,00	0,20	0,50	0,10	0,22	0,41	0,38	2
0,20	0,00	0,20	0,60	0,00	0,21	0,41	0,38	2
0,20	0,00	0,30	0,00	0,50	0,27	0,35	0,38	3
0,20	0,00	0,30	0,10	0,40	0,26	0,35	0,38	3
0,20	0,00	0,30	0,20	0,30	0,26	0,36	0,38	3
0,20	0,00	0,30	0,30	0,20	0,25	0,36	0,38	3
0,20	0,00	0,30	0,40	0,10	0,25	0,37	0,38	3
0,20	0,00	0,30	0,50	0,00	0,24	0,37	0,38	3
0,20	0,00	0,40	0,00	0,40	0,29	0,32	0,39	3
0,20	0,00	0,40	0,10	0,30	0,28	0,32	0,39	3
0,20	0,00	0,40	0,20	0,20	0,28	0,33	0,39	3
0,20	0,00	0,40	0,40	0,00	0,27	0,34	0,39	3
0,20	0,00	0,50	0,00	0,30	0,31	0,29	0,40	3
0,20	0,00	0,50	0,10	0,20	0,31	0,29	0,40	3
0,20	0,00	0,50	0,30	0,00	0,30	0,30	0,40	3
0,20	0,00	0,60	0,00	0,20	0,33	0,26	0,40	3
0,20	0,00	0,60	0,10	0,10	0,33	0,26	0,40	3
0,20	0,00	0,60	0,20	0,00	0,32	0,27	0,40	3
0,20	0,00	0,80	0,00	0,00	0,38	0,19	0,42	3
0,20	0,10	0,00	0,00	0,70	0,23	0,41	0,36	2
0,20	0,10	0,00	0,10	0,60	0,23	0,42	0,36	2
0,20	0,10	0,00	0,20	0,50	0,22	0,42	0,36	2
0,20	0,10	0,00	0,30	0,40	0,22	0,43	0,36	2
0,20	0,10	0,00	0,40	0,30	0,21	0,43	0,36	2
0,20	0,10	0,00	0,50	0,20	0,21	0,44	0,36	2
0,20	0,10	0,00	0,70	0,00	0,20	0,45	0,36	2

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,20	0,10	0,10	0,00	0,60	0,25	0,38	0,36	2
0,20	0,10	0,10	0,10	0,50	0,25	0,39	0,36	2
0,20	0,10	0,10	0,20	0,40	0,24	0,39	0,36	2
0,20	0,10	0,10	0,30	0,30	0,24	0,40	0,36	2
0,20	0,10	0,10	0,40	0,20	0,23	0,40	0,36	2
0,20	0,10	0,10	0,50	0,10	0,23	0,41	0,36	2
0,20	0,10	0,10	0,60	0,00	0,22	0,41	0,36	2
0,20	0,10	0,20	0,00	0,50	0,28	0,35	0,37	3
0,20	0,10	0,20	0,10	0,40	0,27	0,36	0,37	3
0,20	0,10	0,20	0,20	0,30	0,27	0,36	0,37	3
0,20	0,10	0,20	0,30	0,20	0,26	0,37	0,37	3
0,20	0,10	0,20	0,40	0,10	0,26	0,37	0,37	3
0,20	0,10	0,20	0,50	0,00	0,25	0,38	0,37	2
0,20	0,10	0,30	0,00	0,40	0,30	0,32	0,38	3
0,20	0,10	0,30	0,10	0,30	0,30	0,32	0,38	3
0,20	0,10	0,30	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,20	0,10	0,30	0,40	0,00	0,28	0,34	0,38	3
0,20	0,10	0,40	0,00	0,30	0,32	0,29	0,39	3
0,20	0,10	0,40	0,10	0,20	0,32	0,29	0,39	3
0,20	0,10	0,40	0,30	0,00	0,31	0,30	0,39	3
0,20	0,10	0,50	0,00	0,20	0,35	0,26	0,39	3
0,20	0,10	0,50	0,10	0,10	0,34	0,26	0,39	3
0,20	0,10	0,50	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,20	0,10	0,70	0,00	0,00	0,39	0,20	0,41	3
0,20	0,20	0,00	0,00	0,60	0,27	0,38	0,35	2
0,20	0,20	0,00	0,10	0,50	0,26	0,39	0,35	2
0,20	0,20	0,00	0,20	0,40	0,26	0,39	0,35	2
0,20	0,20	0,00	0,30	0,30	0,25	0,40	0,35	2
0,20	0,20	0,00	0,40	0,20	0,25	0,40	0,35	2
0,20	0,20	0,00	0,50	0,10	0,24	0,41	0,35	2
0,20	0,20	0,00	0,60	0,00	0,24	0,41	0,35	2
0,20	0,20	0,10	0,00	0,50	0,29	0,35	0,36	3
0,20	0,20	0,10	0,10	0,40	0,28	0,36	0,36	3
0,20	0,20	0,10	0,20	0,30	0,28	0,36	0,36	2
0,20	0,20	0,10	0,30	0,20	0,27	0,37	0,36	2
0,20	0,20	0,10	0,40	0,10	0,27	0,37	0,36	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,20	0,20	0,10	0,50	0,00	0,26	0,38	0,36	2
0,20	0,20	0,20	0,00	0,40	0,31	0,32	0,37	3
0,20	0,20	0,20	0,10	0,30	0,31	0,33	0,37	3
0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,30	0,33	0,37	3
0,20	0,20	0,20	0,40	0,00	0,29	0,34	0,37	3
0,20	0,20	0,30	0,00	0,30	0,34	0,29	0,37	3
0,20	0,20	0,30	0,10	0,20	0,33	0,29	0,37	3
0,20	0,20	0,30	0,30	0,00	0,32	0,30	0,37	3
0,20	0,20	0,40	0,00	0,20	0,36	0,26	0,38	3
0,20	0,20	0,40	0,10	0,10	0,35	0,26	0,38	3
0,20	0,20	0,40	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3
0,20	0,20	0,50	0,00	0,10	0,38	0,23	0,39	3
0,20	0,20	0,50	0,10	0,00	0,38	0,23	0,39	3
0,20	0,20	0,60	0,00	0,00	0,40	0,20	0,39	1
0,20	0,30	0,00	0,00	0,50	0,30	0,35	0,35	2
0,20	0,30	0,00	0,10	0,40	0,30	0,36	0,35	2
0,20	0,30	0,00	0,20	0,30	0,29	0,36	0,35	2
0,20	0,30	0,00	0,30	0,20	0,29	0,37	0,35	2
0,20	0,30	0,00	0,40	0,10	0,28	0,37	0,35	2
0,20	0,30	0,00	0,50	0,00	0,28	0,38	0,35	2
0,20	0,30	0,10	0,00	0,40	0,32	0,32	0,35	3
0,20	0,30	0,10	0,10	0,30	0,32	0,33	0,35	3
0,20	0,30	0,10	0,20	0,20	0,31	0,33	0,35	3
0,20	0,30	0,10	0,30	0,10	0,31	0,34	0,35	3
0,20	0,30	0,10	0,40	0,00	0,30	0,34	0,35	3
0,20	0,30	0,20	0,00	0,30	0,35	0,29	0,36	3
0,20	0,30	0,20	0,10	0,20	0,34	0,30	0,36	3
0,20	0,30	0,20	0,30	0,00	0,33	0,31	0,36	3
0,20	0,30	0,30	0,00	0,20	0,37	0,26	0,37	1
0,20	0,30	0,30	0,10	0,10	0,37	0,26	0,37	3
0,20	0,30	0,30	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,20	0,30	0,40	0,00	0,10	0,39	0,23	0,38	1
0,20	0,30	0,40	0,10	0,00	0,39	0,23	0,38	1
0,20	0,30	0,50	0,00	0,00	0,42	0,20	0,38	1
0,20	0,40	0,00	0,00	0,40	0,34	0,32	0,34	3
0,20	0,40	0,00	0,10	0,30	0,33	0,33	0,34	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,20	0,40	0,00	0,20	0,20	0,33	0,33	0,34	3
0,20	0,40	0,00	0,40	0,00	0,32	0,34	0,34	2
0,20	0,40	0,10	0,00	0,30	0,36	0,29	0,35	1
0,20	0,40	0,10	0,10	0,20	0,35	0,30	0,35	1
0,20	0,40	0,10	0,30	0,00	0,34	0,31	0,35	3
0,20	0,40	0,20	0,00	0,20	0,38	0,26	0,36	1
0,20	0,40	0,20	0,10	0,10	0,38	0,27	0,36	1
0,20	0,40	0,20	0,20	0,00	0,37	0,27	0,36	1
0,20	0,40	0,40	0,00	0,00	0,43	0,20	0,37	1
0,20	0,50	0,00	0,00	0,30	0,37	0,29	0,34	1
0,20	0,50	0,00	0,10	0,20	0,37	0,30	0,34	1
0,20	0,50	0,00	0,30	0,00	0,36	0,31	0,34	1
0,20	0,50	0,10	0,00	0,20	0,39	0,26	0,34	1
0,20	0,50	0,10	0,20	0,00	0,38	0,27	0,34	1
0,20	0,50	0,30	0,00	0,00	0,44	0,20	0,36	1
0,20	0,60	0,00	0,00	0,20	0,41	0,26	0,33	1
0,20	0,60	0,00	0,10	0,10	0,40	0,27	0,33	1
0,20	0,60	0,00	0,20	0,00	0,40	0,27	0,33	1
0,20	0,60	0,10	0,00	0,10	0,43	0,23	0,34	1
0,20	0,60	0,10	0,10	0,00	0,42	0,24	0,34	1
0,20	0,60	0,20	0,00	0,00	0,45	0,20	0,35	1
0,20	0,80	0,00	0,00	0,00	0,48	0,20	0,32	1
0,30	0,00	0,00	0,00	0,70	0,22	0,41	0,37	2
0,30	0,00	0,00	0,10	0,60	0,21	0,42	0,37	2
0,30	0,00	0,00	0,20	0,50	0,21	0,42	0,37	2
0,30	0,00	0,00	0,30	0,40	0,20	0,43	0,37	2
0,30	0,00	0,00	0,40	0,30	0,20	0,43	0,37	2
0,30	0,00	0,00	0,50	0,20	0,19	0,44	0,37	2
0,30	0,00	0,00	0,70	0,00	0,18	0,45	0,37	2
0,30	0,00	0,10	0,00	0,60	0,24	0,38	0,38	2
0,30	0,00	0,10	0,10	0,50	0,24	0,39	0,38	2
0,30	0,00	0,10	0,20	0,40	0,23	0,39	0,38	2
0,30	0,00	0,10	0,30	0,30	0,23	0,40	0,38	2
0,30	0,00	0,10	0,40	0,20	0,22	0,40	0,38	2
0,30	0,00	0,10	0,50	0,10	0,22	0,41	0,38	2
0,30	0,00	0,10	0,60	0,00	0,21	0,41	0,38	2

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,30	0,00	0,20	0,00	0,50	0,27	0,35	0,38	3
0,30	0,00	0,20	0,10	0,40	0,26	0,36	0,38	3
0,30	0,00	0,20	0,20	0,30	0,26	0,36	0,38	3
0,30	0,00	0,20	0,30	0,20	0,25	0,37	0,38	3
0,30	0,00	0,20	0,40	0,10	0,25	0,37	0,38	3
0,30	0,00	0,20	0,50	0,00	0,24	0,38	0,38	3
0,30	0,00	0,30	0,00	0,40	0,29	0,32	0,39	3
0,30	0,00	0,30	0,10	0,30	0,28	0,33	0,39	3
0,30	0,00	0,30	0,20	0,20	0,28	0,33	0,39	3
0,30	0,00	0,30	0,40	0,00	0,27	0,34	0,39	3
0,30	0,00	0,40	0,00	0,30	0,31	0,29	0,40	3
0,30	0,00	0,40	0,10	0,20	0,31	0,29	0,40	3
0,30	0,00	0,40	0,30	0,00	0,30	0,30	0,40	3
0,30	0,00	0,50	0,00	0,20	0,33	0,26	0,40	3
0,30	0,00	0,50	0,10	0,10	0,33	0,26	0,40	3
0,30	0,00	0,50	0,20	0,00	0,32	0,27	0,40	3
0,30	0,00	0,70	0,00	0,00	0,38	0,20	0,42	3
0,30	0,10	0,00	0,00	0,60	0,25	0,38	0,36	2
0,30	0,10	0,00	0,10	0,50	0,25	0,39	0,36	2
0,30	0,10	0,00	0,20	0,40	0,24	0,39	0,36	2
0,30	0,10	0,00	0,30	0,30	0,24	0,40	0,36	2
0,30	0,10	0,00	0,40	0,20	0,23	0,40	0,36	2
0,30	0,10	0,00	0,50	0,10	0,23	0,41	0,36	2
0,30	0,10	0,00	0,60	0,00	0,22	0,41	0,36	2
0,30	0,10	0,10	0,00	0,50	0,28	0,35	0,37	3
0,30	0,10	0,10	0,10	0,40	0,27	0,36	0,37	3
0,30	0,10	0,10	0,20	0,30	0,27	0,36	0,37	3
0,30	0,10	0,10	0,30	0,20	0,26	0,37	0,37	3
0,30	0,10	0,10	0,40	0,10	0,26	0,37	0,37	2
0,30	0,10	0,10	0,50	0,00	0,25	0,38	0,37	2
0,30	0,10	0,20	0,00	0,40	0,30	0,32	0,38	3
0,30	0,10	0,20	0,10	0,30	0,30	0,33	0,38	3
0,30	0,10	0,20	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,30	0,10	0,20	0,40	0,00	0,28	0,34	0,38	3
0,30	0,10	0,30	0,00	0,30	0,32	0,29	0,38	3
0,30	0,10	0,30	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,30	0,10	0,30	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,30	0,10	0,40	0,00	0,20	0,35	0,26	0,39	3
0,30	0,10	0,40	0,10	0,10	0,34	0,26	0,39	3
0,30	0,10	0,40	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,30	0,10	0,50	0,00	0,10	0,37	0,23	0,40	3
0,30	0,10	0,50	0,10	0,00	0,36	0,23	0,40	3
0,30	0,10	0,60	0,00	0,00	0,39	0,20	0,41	3
0,30	0,20	0,00	0,00	0,50	0,29	0,35	0,36	3
0,30	0,20	0,00	0,10	0,40	0,28	0,36	0,36	2
0,30	0,20	0,00	0,20	0,30	0,28	0,36	0,36	2
0,30	0,20	0,00	0,30	0,20	0,27	0,37	0,36	2
0,30	0,20	0,00	0,40	0,10	0,27	0,37	0,36	2
0,30	0,20	0,00	0,50	0,00	0,26	0,38	0,36	2
0,30	0,20	0,10	0,00	0,40	0,31	0,32	0,37	3
0,30	0,20	0,10	0,10	0,30	0,31	0,33	0,37	3
0,30	0,20	0,10	0,20	0,20	0,30	0,33	0,37	3
0,30	0,20	0,10	0,30	0,10	0,30	0,34	0,37	3
0,30	0,20	0,10	0,40	0,00	0,29	0,34	0,37	3
0,30	0,20	0,20	0,00	0,30	0,34	0,29	0,37	3
0,30	0,20	0,20	0,10	0,20	0,33	0,30	0,37	3
0,30	0,20	0,20	0,30	0,00	0,32	0,31	0,37	3
0,30	0,20	0,30	0,00	0,20	0,36	0,26	0,38	3
0,30	0,20	0,30	0,10	0,10	0,35	0,27	0,38	3
0,30	0,20	0,30	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3
0,30	0,20	0,40	0,00	0,10	0,38	0,23	0,39	3
0,30	0,20	0,40	0,10	0,00	0,38	0,23	0,39	3
0,30	0,20	0,50	0,00	0,00	0,40	0,20	0,39	1
0,30	0,30	0,00	0,00	0,40	0,32	0,32	0,35	3
0,30	0,30	0,00	0,10	0,30	0,32	0,33	0,35	3
0,30	0,30	0,00	0,20	0,20	0,31	0,33	0,35	3
0,30	0,30	0,00	0,40	0,00	0,30	0,34	0,35	3
0,30	0,30	0,10	0,00	0,30	0,35	0,29	0,36	3
0,30	0,30	0,10	0,10	0,20	0,34	0,30	0,36	3
0,30	0,30	0,10	0,30	0,00	0,33	0,31	0,36	3
0,30	0,30	0,20	0,00	0,20	0,37	0,26	0,37	1
0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,37	0,27	0,37	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,30	0,30	0,20	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,30	0,30	0,40	0,00	0,00	0,42	0,20	0,38	1
0,30	0,40	0,00	0,00	0,30	0,36	0,29	0,35	1
0,30	0,40	0,00	0,10	0,20	0,35	0,30	0,35	1
0,30	0,40	0,00	0,30	0,00	0,34	0,31	0,35	3
0,30	0,40	0,10	0,00	0,20	0,38	0,26	0,36	1
0,30	0,40	0,10	0,10	0,10	0,38	0,27	0,36	1
0,30	0,40	0,10	0,20	0,00	0,37	0,27	0,36	1
0,30	0,40	0,30	0,00	0,00	0,43	0,20	0,37	1
0,30	0,50	0,00	0,00	0,20	0,39	0,26	0,34	1
0,30	0,50	0,00	0,10	0,10	0,39	0,27	0,34	1
0,30	0,50	0,00	0,20	0,00	0,38	0,27	0,34	1
0,30	0,50	0,10	0,00	0,10	0,42	0,23	0,35	1
0,30	0,50	0,10	0,10	0,00	0,41	0,24	0,35	1
0,30	0,50	0,20	0,00	0,00	0,44	0,20	0,36	1
0,30	0,70	0,00	0,00	0,00	0,46	0,20	0,33	1
0,40	0,00	0,00	0,00	0,60	0,24	0,38	0,37	2
0,40	0,00	0,00	0,10	0,50	0,24	0,39	0,37	2
0,40	0,00	0,00	0,20	0,40	0,23	0,39	0,37	2
0,40	0,00	0,00	0,30	0,30	0,23	0,40	0,37	2
0,40	0,00	0,00	0,40	0,20	0,22	0,40	0,37	2
0,40	0,00	0,00	0,50	0,10	0,22	0,41	0,37	2
0,40	0,00	0,00	0,60	0,00	0,21	0,41	0,37	2
0,40	0,00	0,10	0,00	0,50	0,27	0,35	0,38	3
0,40	0,00	0,10	0,10	0,40	0,26	0,36	0,38	3
0,40	0,00	0,10	0,20	0,30	0,26	0,36	0,38	3
0,40	0,00	0,10	0,30	0,20	0,25	0,37	0,38	3
0,40	0,00	0,10	0,40	0,10	0,25	0,37	0,38	3
0,40	0,00	0,10	0,50	0,00	0,24	0,38	0,38	3
0,40	0,00	0,20	0,00	0,40	0,29	0,32	0,39	3
0,40	0,00	0,20	0,10	0,30	0,28	0,33	0,39	3
0,40	0,00	0,20	0,20	0,20	0,28	0,33	0,39	3
0,40	0,00	0,20	0,40	0,00	0,27	0,34	0,39	3
0,40	0,00	0,30	0,00	0,30	0,31	0,29	0,40	3
0,40	0,00	0,30	0,10	0,20	0,31	0,30	0,40	3
0,40	0,00	0,30	0,30	0,00	0,30	0,31	0,40	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,40	0,00	0,40	0,00	0,20	0,33	0,26	0,40	3
0,40	0,00	0,40	0,10	0,10	0,33	0,27	0,40	3
0,40	0,00	0,40	0,20	0,00	0,32	0,27	0,40	3
0,40	0,00	0,50	0,00	0,10	0,36	0,23	0,41	3
0,40	0,00	0,50	0,10	0,00	0,35	0,23	0,41	3
0,40	0,00	0,60	0,00	0,00	0,38	0,20	0,42	3
0,40	0,10	0,00	0,00	0,50	0,28	0,35	0,37	3
0,40	0,10	0,00	0,10	0,40	0,27	0,36	0,37	3
0,40	0,10	0,00	0,20	0,30	0,27	0,36	0,37	3
0,40	0,10	0,00	0,30	0,20	0,26	0,37	0,37	2
0,40	0,10	0,00	0,40	0,10	0,26	0,37	0,37	2
0,40	0,10	0,00	0,50	0,00	0,25	0,38	0,37	2
0,40	0,10	0,10	0,00	0,40	0,30	0,32	0,38	3
0,40	0,10	0,10	0,10	0,30	0,30	0,33	0,38	3
0,40	0,10	0,10	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,40	0,10	0,10	0,30	0,10	0,29	0,34	0,38	3
0,40	0,10	0,10	0,40	0,00	0,28	0,34	0,38	3
0,40	0,10	0,20	0,00	0,30	0,32	0,29	0,38	3
0,40	0,10	0,20	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3
0,40	0,10	0,20	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,40	0,10	0,30	0,00	0,20	0,35	0,26	0,39	3
0,40	0,10	0,30	0,10	0,10	0,34	0,27	0,39	3
0,40	0,10	0,30	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,40	0,10	0,40	0,00	0,10	0,37	0,23	0,40	3
0,40	0,10	0,40	0,10	0,00	0,36	0,24	0,40	3
0,40	0,10	0,50	0,00	0,00	0,39	0,20	0,40	3
0,40	0,20	0,00	0,00	0,40	0,31	0,32	0,36	3
0,40	0,20	0,00	0,10	0,30	0,31	0,33	0,36	3
0,40	0,20	0,00	0,20	0,20	0,30	0,33	0,36	3
0,40	0,20	0,00	0,40	0,00	0,29	0,34	0,36	3
0,40	0,20	0,10	0,00	0,30	0,34	0,29	0,37	3
0,40	0,20	0,10	0,10	0,20	0,33	0,30	0,37	3
0,40	0,20	0,10	0,30	0,00	0,32	0,31	0,37	3
0,40	0,20	0,20	0,00	0,20	0,36	0,26	0,38	3
0,40	0,20	0,20	0,10	0,10	0,35	0,27	0,38	3
0,40	0,20	0,20	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,40	0,20	0,40	0,00	0,00	0,40	0,20	0,39	1
0,40	0,30	0,00	0,00	0,30	0,35	0,29	0,36	3
0,40	0,30	0,00	0,10	0,20	0,34	0,30	0,36	3
0,40	0,30	0,00	0,30	0,00	0,33	0,31	0,36	3
0,40	0,30	0,10	0,00	0,20	0,37	0,26	0,37	1
0,40	0,30	0,10	0,10	0,10	0,37	0,27	0,37	3
0,40	0,30	0,10	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,40	0,30	0,30	0,00	0,00	0,42	0,20	0,38	1
0,40	0,40	0,00	0,00	0,20	0,38	0,26	0,35	1
0,40	0,40	0,00	0,10	0,10	0,38	0,27	0,35	1
0,40	0,40	0,00	0,20	0,00	0,37	0,27	0,35	1
0,40	0,40	0,10	0,00	0,10	0,41	0,23	0,36	1
0,40	0,40	0,10	0,10	0,00	0,40	0,24	0,36	1
0,40	0,40	0,20	0,00	0,00	0,43	0,20	0,37	1
0,40	0,50	0,00	0,00	0,10	0,42	0,23	0,35	1
0,40	0,50	0,00	0,10	0,00	0,41	0,24	0,35	1
0,40	0,50	0,10	0,00	0,00	0,44	0,20	0,36	1
0,40	0,60	0,00	0,00	0,00	0,45	0,20	0,34	1
0,50	0,00	0,00	0,00	0,50	0,27	0,36	0,38	3
0,50	0,00	0,00	0,10	0,40	0,26	0,36	0,38	3
0,50	0,00	0,00	0,20	0,30	0,26	0,37	0,38	3
0,50	0,00	0,00	0,30	0,20	0,25	0,37	0,38	3
0,50	0,00	0,00	0,40	0,10	0,25	0,38	0,38	3
0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,24	0,38	0,38	2
0,50	0,00	0,10	0,00	0,40	0,29	0,32	0,39	3
0,50	0,00	0,10	0,10	0,30	0,28	0,33	0,39	3
0,50	0,00	0,10	0,20	0,20	0,28	0,33	0,39	3
0,50	0,00	0,10	0,30	0,10	0,27	0,34	0,39	3
0,50	0,00	0,10	0,40	0,00	0,27	0,34	0,39	3
0,50	0,00	0,20	0,00	0,30	0,31	0,29	0,39	3
0,50	0,00	0,20	0,10	0,20	0,31	0,30	0,39	3
0,50	0,00	0,20	0,30	0,00	0,30	0,31	0,39	3
0,50	0,00	0,30	0,00	0,20	0,33	0,26	0,40	3
0,50	0,00	0,30	0,10	0,10	0,33	0,27	0,40	3
0,50	0,00	0,30	0,20	0,00	0,32	0,27	0,40	3
0,50	0,00	0,40	0,00	0,10	0,36	0,23	0,41	3

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,50	0,00	0,40	0,10	0,00	0,35	0,24	0,41	3
0,50	0,00	0,50	0,00	0,00	0,38	0,20	0,42	3
0,50	0,10	0,00	0,00	0,40	0,30	0,33	0,38	3
0,50	0,10	0,00	0,10	0,30	0,30	0,33	0,38	3
0,50	0,10	0,00	0,20	0,20	0,29	0,34	0,38	3
0,50	0,10	0,00	0,30	0,10	0,29	0,34	0,38	3
0,50	0,10	0,00	0,40	0,00	0,28	0,35	0,38	3
0,50	0,10	0,10	0,00	0,30	0,32	0,29	0,38	3
0,50	0,10	0,10	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3
0,50	0,10	0,10	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,50	0,10	0,20	0,00	0,20	0,35	0,26	0,39	3
0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,34	0,27	0,39	3
0,50	0,10	0,20	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,50	0,10	0,30	0,00	0,10	0,37	0,23	0,40	3
0,50	0,10	0,30	0,10	0,00	0,36	0,24	0,40	3
0,50	0,10	0,40	0,00	0,00	0,39	0,20	0,40	3
0,50	0,20	0,00	0,00	0,30	0,34	0,30	0,37	3
0,50	0,20	0,00	0,10	0,20	0,33	0,30	0,37	3
0,50	0,20	0,00	0,30	0,00	0,32	0,31	0,37	3
0,50	0,20	0,10	0,00	0,20	0,36	0,26	0,38	3
0,50	0,20	0,10	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3
0,50	0,20	0,30	0,00	0,00	0,40	0,20	0,39	1
0,50	0,30	0,00	0,00	0,20	0,37	0,27	0,37	1
0,50	0,30	0,00	0,10	0,10	0,37	0,27	0,37	1
0,50	0,30	0,00	0,20	0,00	0,36	0,28	0,37	3
0,50	0,30	0,10	0,00	0,10	0,39	0,23	0,37	1
0,50	0,30	0,10	0,10	0,00	0,39	0,24	0,37	1
0,50	0,30	0,20	0,00	0,00	0,42	0,20	0,38	1
0,50	0,40	0,00	0,00	0,10	0,41	0,24	0,36	1
0,50	0,40	0,00	0,10	0,00	0,40	0,24	0,36	1
0,50	0,40	0,10	0,00	0,00	0,43	0,20	0,37	1
0,50	0,50	0,00	0,00	0,00	0,44	0,21	0,36	1
0,60	0,00	0,00	0,00	0,40	0,29	0,33	0,39	3
0,60	0,00	0,00	0,10	0,30	0,28	0,33	0,39	3
0,60	0,00	0,00	0,20	0,20	0,28	0,34	0,39	3
0,60	0,00	0,00	0,40	0,00	0,27	0,35	0,39	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,60	0,00	0,10	0,00	0,30	0,31	0,30	0,39	3
0,60	0,00	0,10	0,10	0,20	0,31	0,30	0,39	3
0,60	0,00	0,10	0,30	0,00	0,30	0,31	0,39	3
0,60	0,00	0,20	0,00	0,20	0,33	0,26	0,40	3
0,60	0,00	0,20	0,10	0,10	0,33	0,27	0,40	3
0,60	0,00	0,20	0,20	0,00	0,32	0,27	0,40	3
0,60	0,00	0,40	0,00	0,00	0,38	0,20	0,41	3
0,60	0,10	0,00	0,00	0,30	0,32	0,30	0,38	3
0,60	0,10	0,00	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3
0,60	0,10	0,00	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,60	0,10	0,10	0,00	0,20	0,35	0,27	0,39	3
0,60	0,10	0,10	0,10	0,10	0,34	0,27	0,39	3
0,60	0,10	0,10	0,20	0,00	0,34	0,28	0,39	3
0,60	0,10	0,30	0,00	0,00	0,39	0,20	0,40	3
0,60	0,20	0,00	0,00	0,20	0,36	0,27	0,38	3
0,60	0,20	0,00	0,10	0,10	0,35	0,27	0,38	3
0,60	0,20	0,00	0,20	0,00	0,35	0,28	0,38	3
0,60	0,20	0,10	0,00	0,10	0,38	0,24	0,38	3
0,60	0,20	0,10	0,10	0,00	0,38	0,24	0,38	3
0,60	0,20	0,20	0,00	0,00	0,40	0,20	0,39	1
0,60	0,40	0,00	0,00	0,00	0,43	0,21	0,37	1
0,70	0,00	0,00	0,00	0,30	0,31	0,30	0,39	3
0,70	0,00	0,00	0,10	0,20	0,31	0,30	0,39	3
0,70	0,00	0,00	0,30	0,00	0,30	0,31	0,39	3
0,70	0,00	0,10	0,00	0,20	0,33	0,27	0,40	3
0,70	0,00	0,10	0,10	0,10	0,33	0,27	0,40	3
0,70	0,00	0,10	0,20	0,00	0,32	0,28	0,40	3
0,70	0,00	0,30	0,00	0,00	0,38	0,20	0,41	3
0,70	0,10	0,00	0,00	0,20	0,35	0,27	0,39	3
0,70	0,10	0,00	0,10	0,10	0,34	0,27	0,39	3
0,70	0,10	0,00	0,20	0,00	0,34	0,28	0,39	3
0,70	0,10	0,10	0,00	0,10	0,37	0,24	0,39	3
0,70	0,10	0,10	0,10	0,00	0,36	0,24	0,39	3
0,70	0,10	0,20	0,00	0,00	0,39	0,21	0,40	3
0,70	0,30	0,00	0,00	0,00	0,42	0,21	0,38	1
0,80	0,00	0,00	0,00	0,20	0,33	0,27	0,40	3

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,80	0,00	0,00	0,10	0,10	0,33	0,27	0,40	3
0,80	0,00	0,00	0,20	0,00	0,32	0,28	0,40	3
0,80	0,00	0,10	0,00	0,10	0,36	0,24	0,41	3
0,80	0,00	0,10	0,10	0,00	0,35	0,24	0,41	3
0,80	0,00	0,20	0,00	0,00	0,38	0,21	0,41	3
0,80	0,10	0,00	0,00	0,10	0,37	0,24	0,39	3
0,80	0,10	0,00	0,10	0,00	0,36	0,24	0,39	3
0,80	0,10	0,10	0,00	0,00	0,39	0,21	0,40	3
0,80	0,20	0,00	0,00	0,00	0,40	0,21	0,39	1
0,90	0,00	0,00	0,00	0,10	0,36	0,24	0,40	3
0,90	0,00	0,00	0,10	0,00	0,35	0,24	0,40	3
0,90	0,00	0,10	0,00	0,00	0,38	0,21	0,41	3
0,90	0,10	0,00	0,00	0,00	0,39	0,21	0,40	3
1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38	0,21	0,41	3

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Propuesta 1: 160 veces → 18,00 %
- Propuesta 2: 326 veces → 37,00 %
- Propuesta 3: 391 veces → 45,00 %

Por último, se muestra la *Tabla Anexo 1.2. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de sensibilidad*, correspondiente al punto 3.2.2. *Análisis de sensibilidad*.

Tabla Anexo 1.2. Propuesta de ubicación óptima según combinación de valores de criterios. Análisis de sensibilidad.

PEM	Orografía	Pesos según criterio			Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
		Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,50	0,10	0,30	0,10	0,00	0,36	0,24	0,40	3
0,50	0,30	0,10	0,10	0,00	0,39	0,24	0,37	1
0,30	0,20	0,30	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3
0,30	0,30	0,20	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,40	0,10	0,30	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,40	0,20	0,20	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3
0,40	0,30	0,10	0,20	0,00	0,36	0,27	0,37	3
0,50	0,10	0,20	0,20	0,00	0,34	0,27	0,39	3
0,50	0,20	0,10	0,20	0,00	0,35	0,27	0,38	3

PEM	Pesos según criterio				Valores ponderados			Propuesta de ubicación óptima
	Orografía	Valoración paisajística	Vertebración territorial	Funcionalidad	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	
0,30	0,10	0,30	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,30	0,20	0,20	0,30	0,00	0,32	0,31	0,37	3
0,30	0,30	0,10	0,30	0,00	0,33	0,31	0,36	3
0,40	0,10	0,20	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,40	0,20	0,10	0,30	0,00	0,32	0,31	0,37	3
0,50	0,10	0,10	0,30	0,00	0,31	0,31	0,38	3
0,30	0,20	0,30	0,10	0,10	0,35	0,27	0,38	3
0,30	0,30	0,20	0,10	0,10	0,37	0,27	0,37	3
0,40	0,10	0,30	0,10	0,10	0,34	0,27	0,39	3
0,40	0,20	0,20	0,10	0,10	0,35	0,27	0,38	3
0,40	0,30	0,10	0,10	0,10	0,37	0,27	0,37	3
0,50	0,10	0,20	0,10	0,10	0,34	0,27	0,39	3
0,30	0,20	0,10	0,30	0,10	0,30	0,34	0,37	3
0,40	0,10	0,10	0,30	0,10	0,29	0,34	0,38	3
0,30	0,10	0,30	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3
0,30	0,20	0,20	0,10	0,20	0,33	0,30	0,37	3
0,30	0,30	0,10	0,10	0,20	0,34	0,30	0,36	3
0,40	0,10	0,20	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3
0,40	0,20	0,10	0,10	0,20	0,33	0,30	0,37	3
0,50	0,10	0,10	0,10	0,20	0,32	0,30	0,38	3
0,30	0,10	0,20	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,30	0,20	0,10	0,20	0,20	0,30	0,33	0,37	3
0,40	0,10	0,10	0,20	0,20	0,29	0,33	0,38	3
0,30	0,10	0,10	0,30	0,20	0,26	0,37	0,37	3

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Propuesta 1: 1 vez → 3,00 %
- Propuesta 2: 0 veces → 0,00 %
- Propuesta 3: 32 veces → 97,00 %

ANEXO 2. CUBICACIÓN. AUTOCAD CIVIL 3D

En este anexo se recogerán los datos relacionados con la cubicación generada por la infraestructura viaria proyectada. Para la obtención de estos datos se hace uso del software AutoCAD Civil 3D.

Una vez abierto el archivo *.dwg* con la información del trabajo realizado, seleccionamos sobre una de las líneas de muestreo creadas para la obtención de los perfiles transversales, a continuación, en el menú superior de AutoCAD Civil 3D clicamos sobre la opción “*Generar informe de volumen*” y surgirá una ventana emergente, “*Presentar cubicaciones*”.

Posteriormente, seleccionamos la alineación estudiada, el grupo de líneas de muestreo utilizadas para la generación de los perfiles transversales y seleccionamos la lista de materiales, que no es más que la lista dónde no se realiza ningún tipo de movimiento de tierra, los denominados *gap*, es decir, la zona donde van ubicados los viaductos creados en el presente estudio.

Por último, se adjunta una tabla con los datos de cubicación extraídos mediante el software AutoCAD Civil 3D, el movimiento de tierras es el siguiente:

Tabla Anexo 2.1. Cubicación obtenida de AutoCAD Civil 3D.

PK	Área desmonte (m ²)	Volumen desmonte (m ³)	Volumen reutilizable (m ³)	Área terraplén (m ²)	Volumen terraplén (m ³)	Vol. desmonte acumul. (m ³)	Vol. reutilizable acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
0+000.000	21.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0+020.000	14.23	353.63	353.63	0.00	0.04	353.63	353.63	0.04	353.59
0+040.000	3.73	179.52	179.52	1.95	19.53	533.15	533.15	19.57	513.58
0+060.000	0.08	38.11	38.11	6.60	85.51	571.26	571.26	105.08	466.18
0+080.000	0.00	0.85	0.85	13.99	205.91	572.11	572.11	310.99	261.12
0+100.000	0.00	0.00	0.00	17.04	310.24	572.11	572.11	621.23	-49.12
0+120.000	0.00	0.00	0.00	15.80	328.37	572.11	572.11	949.60	-377.49
0+140.000	0.00	0.00	0.00	17.12	329.26	572.11	572.11	1278.86	-706.75
0+160.000	0.00	0.00	0.00	17.36	344.81	572.11	572.11	1623.67	-1051.56
0+180.000	0.00	0.00	0.00	17.77	351.27	572.11	572.11	1974.94	-1402.83
0+200.000	0.00	0.00	0.00	92.17	1099.38	572.11	572.11	3074.32	-2502.21
0+220.000	18.38	183.76	183.76	0.00	921.68	755.87	755.87	3996.00	-3240.12
0+240.000	29.13	475.02	475.02	0.00	0.00	1230.89	1230.89	3996.00	-2765.10

PK	Área desmonte (m ³)	Volumen desmonte (m ²)	Volumen reutilizable (m ³)	Área terraplén (m ²)	Volumen terraplén (m ³)	Vol. desmonte acumul. (m ³)	Vol. reutilizable acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
0+260.000	0.00	291.25	291.25	24.47	244.72	1522.14	1522.14	4240.71	-2718.57
0+280.000	0.00	0.00	0.00	148.73	1731.98	1522.14	1522.14	5972.69	-4450.55
0+300.000	0.00	0.00	0.00	86.81	2355.32	1522.14	1522.14	8328.01	-6805.87
0+320.000	0.00	0.00	0.00	9.64	964.43	1522.14	1522.14	9292.44	-7770.30
0+340.000	0.00	0.07	0.07	7.70	173.37	1522.21	1522.21	9465.81	-7943.60
0+360.000	4.50	45.09	45.09	5.77	134.66	1567.30	1567.30	9600.47	-8033.17
0+380.000	18.44	229.41	229.41	3.39	91.62	1796.71	1796.71	9692.09	-7895.37
0+400.000	13.07	315.11	315.11	4.03	74.27	2111.82	2111.82	9766.36	-7654.54
0+420.000	13.53	266.01	266.01	3.39	74.21	2377.83	2377.83	9840.57	-7462.74
0+440.000	14.23	277.63	277.63	3.02	64.04	2655.46	2655.46	9904.61	-7249.15
0+460.000	9.44	236.76	236.76	3.26	62.77	2892.23	2892.23	9967.38	-7075.16
0+480.000	20.41	298.55	298.55	2.12	53.77	3190.77	3190.77	10021.16	-6830.38
0+500.000	22.95	433.62	433.62	2.77	48.82	3624.39	3624.39	10069.97	-6445.58
0+520.000	26.67	496.17	496.17	2.19	49.53	4120.56	4120.56	10119.50	-5998.94
0+540.000	55.22	818.87	818.87	1.05	32.35	4939.44	4939.44	10151.85	-5212.42
0+560.000	54.76	1099.78	1099.78	2.91	39.56	6039.22	6039.22	10191.42	-4152.20
0+580.000	40.28	950.33	950.33	5.31	82.12	6989.55	6989.55	10273.54	-3283.99
0+600.000	16.16	564.32	564.32	12.61	179.13	7553.87	7553.87	10452.67	-2898.80
0+620.000	20.23	363.90	363.90	15.40	280.03	7917.77	7917.77	10732.70	-2814.93
0+640.000	0.00	202.33	202.33	34.50	498.96	8120.10	8120.10	11231.66	-3111.56
0+660.000	0.00	0.00	0.00	55.35	898.50	8120.10	8120.10	12130.16	-4010.06
0+680.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8120.10	8120.10	12130.16	-4010.06
0+700.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8120.10	8120.10	12130.16	-4010.06
0+720.000	0.00	0.00	0.00	49.82	0.00	8120.10	8120.10	12130.16	-4010.06
0+740.000	113.53	1135.35	1135.35	0.00	498.17	9255.44	9255.44	12628.33	-3372.89

PK	Área desmonte (m ³)	Volumen desmonte (m ²)	Volumen reutilizable (m ³)	Área terraplén (m ²)	Volumen terraplén (m ³)	Vol. desmonte acumul. (m ³)	Vol. reutilizable acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
0+760.000	154.29	2678.27	2678.27	0.00	0.00	11933.71	11933.71	12628.33	-694.62
0+780.000	37.90	1921.97	1921.97	0.00	0.00	13855.68	13855.68	12628.33	1227.35
0+785.998	1.21	117.31	117.31	1.89	5.67	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+800.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+820.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+840.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+860.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+880.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+900.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+920.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+940.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+960.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
0+980.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+000.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+020.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+040.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+060.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+080.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+100.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+120.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+140.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+160.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+180.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+200.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+220.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+240.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00

PK	Área desmonte (m ³)	Volumen desmonte (m ²)	Volumen reutilizable (m ³)	Área terraplén (m ²)	Volumen terraplén (m ³)	Vol. desmonte acumul. (m ³)	Vol. reutilizable acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
1+260.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+280.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+300.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+320.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+340.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+360.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+380.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+400.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+420.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+432.002	0.00	0.00	0.00	68.73	0.00	13972.99	13972.99	12633.99	1339.00
1+440.000	0.00	0.00	0.00	50.42	476.48	13972.99	13972.99	13110.47	862.52
1+460.000	0.00	0.00	0.00	33.94	843.65	13972.99	13972.99	13954.12	18.87
1+480.000	0.00	0.00	0.00	21.34	552.82	13972.99	13972.99	14506.94	-533.95
1+500.000	0.00	0.00	0.00	11.22	325.64	13972.99	13972.99	14832.58	-859.59
1+520.000	0.84	8.38	8.38	2.82	140.40	13981.37	13981.37	14972.98	-991.61
1+540.000	6.22	70.57	70.57	0.00	28.15	14051.94	14051.94	15001.14	-949.19
1+560.000	10.86	170.81	170.81	0.00	0.00	14222.75	14222.75	15001.14	-778.39
1+580.000	10.64	215.00	215.00	0.00	0.00	14437.75	14437.75	15001.14	-563.39
1+600.000	21.19	318.29	318.29	0.00	0.00	14756.04	14756.04	15001.14	-245.10
1+620.000	23.55	447.41	447.41	0.00	0.00	15203.45	15203.45	15001.14	202.32
1+640.000	26.41	499.62	499.62	0.00	0.00	15703.07	15703.07	15001.14	701.94
1+660.000	28.98	553.93	553.93	0.00	0.00	16257.00	16257.00	15001.14	1255.87
1+680.000	28.61	575.90	575.90	0.00	0.00	16832.90	16832.90	15001.14	1831.77
1+700.000	32.71	613.22	613.22	0.00	0.00	17446.12	17446.12	15001.14	2444.98
1+720.000	37.02	697.37	697.37	0.00	0.00	18143.49	18143.49	15001.14	3142.36

PK	Área desmonte (m ³)	Volumen desmonte (m ²)	Volumen reutilizable (m ³)	Área terraplén (m ²)	Volumen terraplén (m ³)	Vol. desmonte acumul. (m ³)	Vol. reutilizable acumul. (m ³)	Vol. terraplén acumul. (m ³)	Vol. neto acumul. (m ³)
1+740.000	38.85	758.77	758.77	0.00	0.00	18902.26	18902.26	15001.14	3901.13
1+760.000	38.39	772.40	772.40	0.00	0.00	19674.67	19674.67	15001.14	4673.53
1+780.000	43.62	820.12	820.12	0.00	0.00	20494.79	20494.79	15001.14	5493.65
1+800.000	51.19	948.09	948.09	0.00	0.00	21442.88	21442.88	15001.14	6441.75
1+820.000	61.19	1123.77	1123.77	0.00	0.00	22566.65	22566.65	15001.14	7565.51
1+840.000	29.56	907.48	907.48	0.00	0.00	23474.12	23474.12	15001.14	8472.99
1+860.000	42.28	718.36	718.36	0.00	0.00	24192.49	24192.49	15001.14	9191.35
1+880.000	44.18	864.60	864.60	0.00	0.00	25057.09	25057.09	15001.14	10055.95
1+900.000	73.72	1179.05	1179.05	0.00	0.00	26236.13	26236.13	15001.14	11235.00
1+920.000	152.64	2263.67	2263.67	0.00	0.00	28499.80	28499.80	15001.14	13498.67
1+940.000	165.75	3183.89	3183.89	0.00	0.00	31683.70	31683.70	15001.14	16682.56
1+960.000	117.41	2831.58	2831.58	0.00	0.00	34515.28	34515.28	15001.14	19514.14
1+980.000	106.40	2238.08	2238.08	0.00	0.00	36753.36	36753.36	15001.14	21752.22
2+000.000	84.07	1904.67	1904.67	0.00	0.00	38658.03	38658.03	15001.14	23656.89
2+020.000	30.03	1141.02	1141.02	0.00	0.00	39799.05	39799.05	15001.14	24797.92
2+040.000	85.19	1152.21	1152.21	0.00	0.00	40951.26	40951.26	15001.14	25950.13
2+060.000	85.43	1706.21	1706.21	0.00	0.00	42657.47	42657.47	15001.14	27656.33
2+080.000	83.33	1687.60	1687.60	0.00	0.00	44345.07	44345.07	15001.14	29343.93
2+100.000	109.79	1931.13	1931.13	0.00	0.00	46276.20	46276.20	15001.14	31275.06
2+120.000	126.25	2360.33	2360.33	0.00	0.00	48636.53	48636.53	15001.14	33635.39
2+140.000	85.52	2117.69	2117.69	0.00	0.00	50754.22	50754.22	15001.14	35753.08
2+160.000	47.66	1331.78	1331.78	0.00	0.00	52085.99	52085.99	15001.14	37084.86
2+180.000	29.74	773.94	773.94	0.00	0.00	52859.94	52859.94	15001.14	37858.80
2+199.863	29.25	585.88	585.88	0.02	0.24	53445.82	53445.82	15001.38	38444.44

ANEXO 3. ANÁLISIS ADELANTAMIENTO Y VISIBILIDAD. INFRAWORKS 360

Para garantizar una circulación segura y eficiente de los vehículos, se debe ofrecer una buena visibilidad a lo largo del trazado y señalar aquellas zonas de menor visibilidad.

InfraWorks 360 ofrece una herramienta que permite realizar el análisis de las distancias de visibilidad de parada y adelantamiento, teniendo en cuenta las interrupciones que se puedan generar en la línea visual de los conductores a causa de elementos como taludes, barreras metálicas, árboles, edificaciones y cualquier otro objeto que pueda estar cerca de la infraestructura viaria.

En definitiva, esta herramienta de InfraWorks 360 permite identificar ángulos muertos o zonas con error de visibilidad, donde la visibilidad se ve dificultada por obstrucciones.

Para hacer el análisis comentado en InfraWorks 360, abrimos el modelo del trabajo, seleccionamos el viario proyectado y en el menú superior seleccionamos la opción “Revisar y modificar diseños de carretera” y en el menú desplegable del borde izquierdo escogemos “Visibilidad”.

Seleccionada la herramienta “Visibilidad”, tenemos dos métodos de estudio: *Visibilidad de parada* y *Visibilidad de adelantamiento*. Realizaremos de ambas visibilidades para cada carril en cuestión, teniendo en cuenta las obstrucciones presentes en el trazado y, extraeremos como información las zonas de visibilidad y las zonas de accidentes.

Cuando procedamos a realizar el análisis comentado, nos devolverá los siguientes resultados:

- Para el caso del *Análisis de visibilidad de parada*, nos diferenciará sobre el viario las siguientes zonas:
 - Zonas de visibilidad de parada completa, de color azul claro.
 - Zonas con error de visibilidad de parada, de color amarillo.
 - Las áreas oscurecidas indican zonas con riesgo potencial de accidente donde los problemas de visibilidad incrementan la probabilidad de accidentes.



Figura Anexo 3.1. Análisis de visibilidad de parada en InfraWorks 360.

- Por último, el *Análisis de visibilidad de adelantamiento*, al igual que en el caso anterior diferencia las siguientes áreas:
 - Zona con visibilidad para el adelantamiento, de color azul claro.
 - Zonas con error de visibilidad de adelantamiento, color amarillo.
 - Y, al igual que en el análisis anterior, las áreas oscurecidas representan las zonas con riesgo de accidente al no presentar la visibilidad necesaria para el adelantamiento.



Figura Anexo 3.2. Análisis de visibilidad de adelantamiento en InfraWorks 360.

A continuación, se adjuntan una serie de tablas con los datos extraídos para cada análisis de visibilidad según el carril estudiado del viario proyectado.

Análisis visibilidad de parada

- Carril derecho:

Tabla Anexo 3.1. Análisis de visibilidad de parada carril derecho, 1/2.

CARRIL DERECHO - VISIBILIDAD DE PARADA				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	Estado
1	0+0,000	0+223,145	223,145	Visibilidad de parada completa
2	0+223,145	0+346,726	123,581	Error visibilidad de parada
3	0+346,726	0+539,582	192,856	Visibilidad de parada completa
4	0+539,582	0+630,977	91,395	Error visibilidad de parada
5	0+630,977	1+077,636	446,659	Visibilidad de parada completa
6	1+077,636	1+225,573	147,937	Error visibilidad de parada

CARRIL DERECHO - VISIBILIDAD DE PARADA				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	Estado
7	1+225,573	1+240,525	14,952	Visibilidad de parada completa
8	1+240,525	1+278,367	37,842	Error visibilidad de parada
9	1+278,367	1+318,328	39,961	Visibilidad de parada completa
10	1+318,328	1+981,926	663,598	Error visibilidad de parada
11	1+981,926	2+201,037	219,111	Visibilidad de parada completa

Tabla Anexo 3.2. Análisis de visibilidad de parada carril derecho, 2/2.

CARRIL DERECHO - TRAMOS DE ACCIDENTE POR VISIBILIDAD			
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)
1	0+377,311	0+498,514	121,203
2	0+699,271	0+790,695	91,424
3	1+236,843	1+384,840	147,997
4	1+400,370	1+435,000	34,630
5	1+467,755	2+131,853	664,098

- Carril izquierdo:

Tabla Anexo 3.3. Análisis de visibilidad de parada carril izquierdo, 1/2.

CARRIL IZQUIERDO- VISIBILIDAD DE PARADA				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	Estado
1	2+201,037	2+184,646	16,391	Visibilidad de parada completa
2	2+184,646	1+531,152	653,494	Error visibilidad de parada
3	1+531,152	1+465,981	65,171	Visibilidad de parada completa
4	1+465,981	1+228,379	237,602	Error visibilidad de parada
5	1+228,379	0+809,119	419,260	Visibilidad de parada completa
6	0+809,119	0+680,652	128,467	Error visibilidad de parada
7	0+680,652	0+495,866	184,786	Visibilidad de parada completa

CARRIL IZQUIERDO- VISIBILIDAD DE PARADA				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	Estado
8	0+495,866	0+395,005	100,861	Error visibilidad de parada
9	0+395,005	0+360,222	34,783	Visibilidad de parada completa
10	0+360,222	0+348,737	11,485	Error visibilidad de parada
11	0+348,737	0+0,000	348,737	Visibilidad de parada completa

Tabla Anexo 3.4. Análisis de visibilidad de parada carril izquierdo, 2/2.

CARRIL IZQUIERDO - TRAMOS DE ACCIDENTE POR VISIBILIDAD				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	
1	2+024,720	1+872,055	152,665	
2	1+311,509	1+067,970	243,539	
3	0+648,906	0+520,478	128,428	
4	0+338,190	0+243,759	94,431	

Análisis visibilidad de adelantamiento

- Carril derecho

Tabla Anexo 3.5. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril derecho, 1/2.

CARRIL DERECHO - VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	Estado
1	0+0,000	0+344,881	344,881	Error visibilidad de adelantamiento
2	0+344,881	0+397,373	52,492	Zona de adelantamiento
3	0+397,373	0+636,973	239,600	Error visibilidad de adelantamiento
4	0+636,973	0+949,469	312,496	Zona de adelantamiento
5	0+949,469	1+976,197	1026,728	Error visibilidad de adelantamiento
6	1+976,197	2+201,370	225,173	Zona de adelantamiento

Tabla Anexo 3.6. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril derecho, 2/2.

CARRIL DERECHO - TRAMOS DE ACCIDENTE POR ADELANTAMIENTO			
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)
1	0+255,946	0+618,429	362,483
2	0+676,716	0+879,707	202,991
3	1+229,010	2+201,370	972,360

- Carril izquierdo:

Tabla Anexo 3.7. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril izquierdo, 1/2.

CARRIL IZQUIERDO - VISIBILIDAD DE ADELANTAMIENTO				
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)	Estado
1	2+201,037	1+229,002	972,035	Error visibilidad de adelantamiento
2	1+229,002	0+885,534	343,468	Zona de adelantamiento
3	0+885,534	0+676,697	208,837	Error visibilidad de adelantamiento
4	0+676,697	0+618,379	58,318	Zona de adelantamiento
5	0+618,379	0+255,947	362,432	Error visibilidad de adelantamiento
6	0+255,947	0+0,000	255,947	Zona de adelantamiento

Tabla Anexo 3.8. Análisis de visibilidad de adelantamiento carril izquierdo, 2/2.

CARRIL DERECHO - TRAMOS DE ACCIDENTE POR ADELANTAMIENTO			
ID Tramos	PK Inicial	PK Final	Distancia (m)
1	1+976,204	0+948,552	1027,652
2	0+636,977	0+396,510	240,467
3	0+344,889	0+0,000	344,889